Über die Entwickelung der Stellung der Gliedmassen des Menschen

von

M. Holl.

Mit 1 Tafel.)

(Vorgelegt in der Sitzung am 5. Februar 1891.)

Gewisser Erscheinungen halber, die der Oberarmknochen zeigt, erklärte eine Reihe von Anatomen denselben für keinen geraden, sondern einen gedrehten Knochen. Das untere Ende sollte im Verhältnisse zu dem oberen derart eine Drehung eingegangen sein, dass dadurch der ehemals aussen gelagerte Condylus internus, innen zu liegen kommt. Der ganze Knochen sei um seine Achse gedreht und der Drehungswinkel soll im Mittel 168° betragen.

Die Erscheinung der Drehung des Oberarmknochens wurde besonders von Martins in Untersuchung gezogen und für die Vergleichung der oberen und unteren Extremität zu verwerthen gesucht. Die Angaben dieses Autors wurden später von anderen nachuntersucht und nach zustimmenden oder verneinenden Erörterungen ist es schliesslich dahin gekommen, dass jetzt ziemlich allgemein angenommen wird, dass der Oberarmknochen wirklich ein um seine Achse gedrehter Knochen sei, ja, dass hauptsächlich in Folge der Erkenntniss dieses Vorganges die einer Vergleichung der oberen und unteren Extremität entgegentretenden Schwierigkeiten zum Schwinden gebracht werden können.

Mit Rücksicht auf das bessere Verständniss der einzelnen Theile des Ergebnisses meiner Untersuchungen, wie auch um ein vollständiges Bild des ganzen Sachverhaltes zu erhalten, ist es nothwendig, dass eingangs dieser Abhandlung die Literatur

eingehender behandelt werde, ohne Rücksicht darauf, dass zum Theile schon von anderen Autoren ausführlich Angegebenes hier wiedergegeben wird.

Die zuerst in Betracht zu ziehende Arbeit ist die von Martins,[1] deren Inhalt mir hauptsächlich durch Gegenbaur[2] bekannt ist. Da mir die Arbeit Martins' nicht zugänglich, so führe ich an, was Gegenbaur erwähnt: „Der Humerus des Menschen ist ein um seine Achse in einem Winkel von 180° gedrehter Knochen. Das Femur ist ein gerader Knochen, ohne Drehung. Da der Humerus ein gedrehtes Femur vorstellt, so muss man bei der Vergleichung dieser beiden Knochen vor Allem den Humerus zurückdrehen (détordre); das Resultat dieser Operation wird sein, dass die Epitrochlea nach aussen, der Epicondylus nach innen gerichtet sein wird. Alsdann bietet die Vergleichung der Brust- und Beckengliedmassen gar keine Schwierigkeit mehr. Der Kopf des Humerus bleibt dabei unverändert in seiner Lage nach innen (median) sowie jener des Femur."

„Die Körper beider Knochen besitzen ihre Kanten parallel ihrer Axe. Die convexe oder tricipitale Fläche des Oberarmknochens findet sich vorne, wie die vordere, convexe oder tricipitale Fläche des Oberschenkelknochens. Beide Knochen sind somit einander ähnlich; ihre Condylen sind nach hinten gerichtet. Der innere Theil, der nunmehr zum äusseren geworden ist, entspricht durch seinen stärkeren Vorsprung dem sich ähnlich verhaltenden äusseren Condylus des Femur; das Olecranon liegt wie die Patella nach vorne zu; diese ist an den vorderen äusseren Theil des Kopfes der Tibia befestigt, welcher die mit einander verbundenen und verschmolzenen Köpfe des Ulna und des Radius vorstellt."

„Für den Unterschenkel und den Vorderarm scheinen nun die Schwierigkeiten gleichfalls gelöst. Wenn die Gliedmasse

---

[1] Nouvelle comparaison des membres pelviens et thoraciques chez l'homme et chez les mammifères déduite de la torsion de l'Humérus. Extrait des Mémoires de l'académie des Sciences et lettres de Montpellier, t. III, p. 471, Montpellier 1857. — Auch in den Ann. des sc. nat. Ser. IV, t. 8, 1857, p. 45.

[2] C. Gegenbaur, Über die Drehung des Humerus. Jena'sche Zeitschrift für Medicin und Naturwissenschaft. 4. Band, Leipzig 1868, S. 50.

sich in Supination befindet, so lässt die Rückdrehung (détorsion) des Humerus den Vorderarm eine Drehbewegung ausführen, welche die Streckfläche nach vorne bringt, die Beugefläche nach hinten; folglich wird der der Tibia analoge Radius sich innen finden, die Ulna, der Fibula analog, aussen. Der Daumen und die grosse Zehe sind beide nach innen, der kleine Finger und die kleine Zehe aussen gelagert."

„Um sich von der Richtigkeit dieser Aufstellung zu überzeugen, genügt es nach Martins, „am Humerus des Menschen oder irgend eines Säugethieres die rauhe Linie zu verfolgen, welche vom Epicondylus an sich schräg gegen die hintere Fläche wendet, diese längs der Rinne für den Radialnerv umzieht und sich mit der Insertionsoberfläche der Anconaeus internus fortsetzt, um unterhalb des Humeruskopfes an einer ausgezeichneten Stelle des Halses zu enden, gerade am anderen Ende des Querdurchmessers des Knochens. Diese Drehung ist von vielen Anthropotomen beobachtet worden."

„Doch zogen diejenigen, welche die Thatsache constatirten, keineswegs die sich daraus ergebenden Folgerungen. Dass diese von einem Botaniker verstanden wurden, ist jedoch nicht auffallend, wenn man weiss, dass die Drehung an den Stengeln der Gewächse eine sehr gewöhnliche Erscheinung ist. Man muss ihr beständig Rechnung tragen, da sie die symmetrische Anordnung der Anhangsorgane, der Knospen, Blätter, Blüthen etc. stört."

„Da die Drehung des Humerus eine unbestreitbare Thatsache ist, so ist es klar, dass man logischer Weise diesen Knochen nicht mit dem Femur vergleichen konnte, ohne ihn zurückzudrehen und aus ihm einen ebenen geraden Knochen darzustellen, als es das Femur ist; denn es ist die Drehung, welche den Sinn der Beugung der Beckengliedmassen umkehrt, weil der Vorderarm sich nach vorne, der Unterschenkel dagegen nach hinten beugt."

„Die Drehung ist keine ausschliessliche Eigenthümlichkeit des menschlichen Humerus, sie ist allgemein in den drei obersten Abtheilungen der Wirbelthiere, der Säugethiere, Vögel und Reptilien, lebender sowohl als fossiler; sie beträgt 180° beim Menschen und den Land- und Wassersäugethieren; 90° bei den Chiropteren, den Vögeln und Reptilien."

„Beim Menschen und den Land- und Wassersäugethieren beträgt die Drehung zwar immer 180°, allein die Verhältnisse der Axen des Halses und der Trochlea sind nicht in der ganzen Reihe dieselben. Es gibt davon zwei Modificationen.“

„Beim Menschen und den anthropomorphen Affen, wie der Orang, Chimpanse, der Troglodytes, Tschego, der Gorilla und die Gibbons sind die Axen des Halses des Femur wie die des Humerus parallel und alle beide gegen die Wirbelsäule gerichtet, das heisst von aussen nach innen und von unten nach oben. Die eine wie die andere, ebenso wie die Axen des Körpers beider Knochen, sind in derselben Ebene etwas vertical und s e n k r e c h t gegen die Vertebro-Sternal-Ebene. Diese Richtung der Axen ist die mechanische Bedingung für die Drehbewegung des Arm- und Schenkelknochens in ihrer Gelenkpfanne.“

„In dieser Thiergruppe ist wie beim Menschen die Axe der Trochlea des Humerus ebenso parallel der Ebene, in welcher die Axen des Halses und des Körpers desselben Knochens liegen; und man kann, wenn das Thier aufrecht auf seinen Füssen steht, in physikalischer (nicht in mathematischer Beziehung) sagen, dass die Axe des Humerushalses, des Körpers dieses Knochens und die seiner Trochlea, ebenso wie jene des Femurhalses, die Axe dieses Knochens und die seiner Condylen deutlich in einer und derselben verticalen Ebene liegen, die senkrecht gegen die Medianebene des Körpers gerichtet ist.“

„Bei den Land- und Wassersäugethieren ist die Axe des Femurhalses wie beim Menschen gelagert und die Ebene, welche man durch die Axe des Knochens, sowie jener des Femurhalses legt, ist ebenfalls senkrecht zur Medianebene des Körpers. Aber nicht dasselbe ist an den vorderen Gliedmassen der Fall: die Axe des Humerushalses ist von vorne nach hinten und von unten nach oben gerichtet. Diese Axe und jene des Humeruskörpers liegen in einer Ebene, welche parallel zu der Sternovertebral-Ebene steht. Daraus folgt, dass die Ebene, in der die Axe des Knochens und jene seines Halses liegen, senkrecht zur Axse der Trochlea liegt, während beim Menschen diese drei Axen in eine und dieselbe Ebene fallen. Wenn wir als Vergleichungspunkt die Axenrichtung des Femurhalses nehmen, welche bei allen Thieren dieselbe

ist, so können wir zugeben, dass beim Menschen und den höheren Affen der Humeruskopf an der Drehung des Körpers dieses Knochens keinen Antheil nimmt. Im Gegensatze hierzu hat bei den niederen Affen wie bei den übrigen Säugethieren das untere Ende des Humerus eine Umdrehung von 180° erlitten und der obere, anstatt wie beim Menschen unverändert zu bleiben, ist gleichfalls um 90° gedreht. Dies wird bewiesen durch die relative Lageveränderung der Rauhigkeiten, welche die Bicepsrinne begrenzen. Die Tuberositas externa beim Menschen wird bei den Säugethieren zur vorderen, die Tuberositas interna des Menschen zur hinteren, was eine Drehung von 90° voraussetzt."

„Die Folge dieser Lageveränderung ist die Bewegung der Vordergliedmassen der Säugethiere in einer Ebene, indem es nur ganz unvollkommen die Drehbewegungen vollführen kann, welche den Menschen und die anthropomorphen Affen auszeichnen."

„Bei den Chiropteren, den Vögeln und den Reptilien beträgt die Drehung des Humerus nur 90°, die Axen des Femurhalses und des Humerus sind wie beim Menschen gerichtet, nämlich die Axe des Körpers des Knochens und jene des Halses liegen in einer zur Medianebene senkrecht stehenden Ebene. Da jedoch der Körper des Humerus bloss um 90° gedreht ist, so ist die Trochlea nach aussen gerichtet. Bei diesen Thieren ist die Ebene, in welcher die Axe des Knochens und jene seines Halses liegt, senkrecht gerichtet gegen die Axe der Humerus-Trochlea und ebenso geschieht die Bewegung des Vorderarmes gegen den Oberarm nach auswärts in einer senkrecht auf die Sternovertebralebene stehenden Ebene."

Aus einer Anführung Gegenbaur's [1] entnehme ich, dass der Martins'schen Drehung des Oberarmknochens Humphry [2] entgegentrat. Gegenbaur sagt: „Der Nachweis einer Drehung widerlegt zugleich die von Humphry gemachten Einwürfe

[1] L. c. S. 54 und 60.

[2] Observations on the limbs of vertebrate animals, the plan of their construction; their homology, and the comparison of the fore and hind limbs. Cambridge and London 1860.

(op. cit. p. 22) und wenn auch zunächst nur der zweite derselben, dass nämlich zu keiner Entwicklungsperiode eine Drehung beobachtet worden sei, haltlos werden dürfte, so fallen doch nicht minder auch die übrigen, und zwar um so leichter, als sie nur auf theoretische Bedenken gegründet sind.

Dieser letztere Ausspruch Gegenbaur's macht es, dass die Nothwendigkeit des Übergehens der Angaben Humphry's wegen Unzugänglichkeit seiner Arbeit keine Bedeutung haben werde.

In seiner Abhandlung „Über die Drehung des Humerus" sagt Gegenbaur,[1] dass Martins unter der Bezeichnung „Drehung" (Torsion) des Humerus eine Erscheinung bekannt gemacht hat, „welche an sich nicht wenig interessant, für die Vergleichung der beiden Extremitäten von grösster Wichtigkeit ist. Sie gibt für diese Operation einen Factor ab, der die Mehrzahl der grossen, hier auftretenden Schwierigkeiten beseitiget. Obgleich ich selbst bei meiner Vergleichung der vorderen und hinteren Gliedmassen der Wirbelthiere zu wesentlich denselben Resultaten gekommen war, wie der vorgenannte Autor, so hatte ich damals dennoch Bedenken gegen jene Aufstellungen und legte Lageveränderungen der proximalen Enden in Ulna und Radius das Hauptgewicht bei. Diesen Verschiebungen muss ich auch heute noch das Wort reden. Allein, ich halte sie nicht mehr für das Ausschliessliche, ja nicht einmal für das Hauptsächlichste bei der Umgestaltung, welche die Lagerungsverhältnisse der Theile des Armskeletes im Vergleiche mit dem Skelete der hinteren Gliedmassen darbieten. Eine genaue Prüfung der Angaben von Martins, noch mehr aber das Auffinden positiver Nachweise für den genannten Vorgang lassen mich jener Auffassung vollkommen beipflichten, sondern geben auch zu diesen Zeilen nur unmittelbaren Anlass. Diese meine gleich von vorneherein erklärte Zustimmung bezieht sich jedoch nur auf die Drehung des Humerus."

„Bezüglich der Deutungen von Oberarm und Patella muss ich auch jetzt noch anderer Meinung sein. S. 54 sagt Gegenbaur, dass die Drehung des Humerus für die Vergleichung der beiden Extremitäten den Cardinalpunkt abgibt. Die von Martins

---

[1] L. c. S. 50.

aufgestellte virtuelle Drehung des Humerus wäre aber nach Gegenbaur bestimmter nachzuweisen, indem es keineswegs durchgreifend und auch nicht erwiesen ist, dass eine durch den Hals des Humerus gelegte Axe in derselben Ebene liege mit der durch das distale Ende gelegten Queraxe; dann wäre zu ermitteln, ob die Stellung der beiden Enden stets die gleiche sei.

Zu diesem Zwecke mass Gegenbaur vorerst die Winkel, die die durch die beiden Enden des Humerus gelegten Axen ergaben, an 36 Oberarmknochen Erwachsener, und er fand, dass das Mittel einen Winkel von 168° [1] beträgt. Als kleinster Winkel erscheint einer von 148°, als grösster einer von 178° In 11 Fällen bleibt er ober 170° In 18 Fällen bewegt er sich zwischen 170° und 160°; nur in 4 Fällen bleibt er unter 160° Verschiedenheit des Verhaltens kann in beiden Geschlechtern nicht erkannt werden.

Es ist aber keine Drehung um 180° vorhanden, wie Martins angibt, sondern nur eine im Mittel von 168° Untersuchungen an 8 Embryonen von der 16. bis 33. Woche ergaben:

16. Woche	132°
17.	131
18.	130
19.	150
20.	132
24.	137
33.	158
33.	121

Der Mittelwerth der Winkel beträgt 137° gegenüber 168° bei Erwachsenen. Da keine grössere Anzahl von Embryonen aus gleichem Alter untersucht wurde, so betont Gegenbaur ausdrücklich, dass die gefundenen Zahlen in Anbetracht der Möglichkeit, ja sogar Wahrscheinlichkeit einer bedeutenden Schwankung, keineswegs als Normzahlen für einzelne fötale Lebensperioden gelten.

---

[1] Bei dieser Zahl und der folgenden ist, um einheitliche Angaben zu erzielen, immer das Supplement des Drehungswinkels der Angabe Gegenbaur's auf die Drehungswinkel selbst umgerechnet.

Bei Neugebornen (4 Fälle) wurden Winkel von 145°, 121°, 135° und 140° gefunden; im Mittel 135°. Der Winkel sei also kleiner als bei Embryonen, aber die Messungen sind nicht zahlreich genug, um ganz bestimmte Schlüsse daraus zu ziehen. Dasselbe bezieht auch Gegenbaur auf die Messungen, die von Kindern aus dem ersten Lebensjahre genommen wurden.

1.	3 Monate	125°
2.	3	146
3.	5	141
4.	6	142
5.	8	158
6.	9	143
7.	9	140

Das Mittel hievon 142°

Bei einem vierjährigen Knaben betrug der Winkel 165° Rechnet man die einzelnen (19) Fälle (Embryonen, Neugeborne, Kinder aus dem 1. Lebensjahr) zusammen, so erhält man ein Mittel von 138°. „Somit ergibt sich ein nicht unbeträchtlicher Unterschied gegen die Stellung des Gelenkendes der Erwachsenen, und man wird das letzte Verhalten nur dann aus dem früheren ableiten können, wenn mit der allmähligen Ausbildung des Humerus eine ebenso allmählige Änderung der Queraxenrichtung des unteren Gelenkendes statuirt."

„Angesichts dieser Thatsache wird eine Drehung des Humerus um seine Längsaxe als erwiesen betrachtet werden dürfen. Der Humerus muss, um von dem früheren Zustande der Stellung der beiden Queraxen in den späteren überzugehen, eine Drehung um seine Längsaxe vollführen, durch welche der ulnare Epicondylus weiter nach innen, der radiale weiter nach aussen rückt. Damit hätte also die Martins-Theorie von einer Drehung des Humerus im Allgemeinen eine Bestätigung gefunden, wenn auch nicht nachgewiesen wurde, dass dem Humerus anfänglich eine mit dem Femur gleiche Stellung zukommt, und dass die Drehung sich unter 180° erstreckt. Während des ersten Lebensjahres ist die Drehung im Vergleiche mit der embryonalen Periode noch eine unbedeutende. Es lässt sich also nur vermuthen, dass die Zeit des grössten Längenwachsthumes des

aufgestellte virtuelle Drehung des Humerus wäre aber nach Gegenbaur bestimmter nachzuweisen, indem es keineswegs durchgreifend und auch nicht erwiesen ist, dass eine durch den Hals des Humerus gelegte Axe in derselben Ebene liege mit der durch das distale Ende gelegten Queraxe; dann wäre zu ermitteln, ob die Stellung der beiden Enden stets die gleiche sei.

Zu diesem Zwecke mass Gegenbaur vorerst die Winkel, die die durch die beiden Enden des Humerus gelegten Axen ergaben, an 36 Oberarmknochen Erwachsener, und er fand, dass das Mittel einen Winkel von 168° [1] beträgt. Als kleinster Winkel erscheint einer von 148°, als grösster einer von 178° In 11 Fällen bleibt er ober 170° In 18 Fällen bewegt er sich zwischen 170° und 160°; nur in 4 Fällen bleibt er unter 160°. Verschiedenheit des Verhaltens kann in beiden Geschlechtern nicht erkannt werden.

Es ist aber keine Drehung um 180° vorhanden, wie Martins angibt, sondern nur eine im Mittel von 168° Untersuchungen an 8 Embryonen von der 16. bis 33. Woche ergaben:

16. Woche	132°
17.	131
18.	130
19.	150
20.	132
24.	137
33.	158
33.	121

Der Mittelwerth der Winkel beträgt 137° gegenüber 168° bei Erwachsenen. Da keine grössere Anzahl von Embryonen aus gleichem Alter untersucht wurde, so betont Gegenbaur ausdrücklich, dass die gefundenen Zahlen in Anbetracht der Möglichkeit, ja sogar Wahrscheinlichkeit einer bedeutenden Schwankung, keineswegs als Normzahlen für einzelne fötale Lebensperioden gelten.

---

[1] Bei dieser Zahl und der folgenden ist, um einheitliche Angaben zu erzielen, immer das Supplement des Drehungswinkels der Angabe Gegenbaur's auf die Drehungswinkel selbst umgerechnet.

Bei Neugebornen (4 Fälle) wurden Winkel von 145°, 121°, 135° und 140° gefunden; im Mittel 135°. Der Winkel sei also kleiner als bei Embryonen, aber die Messungen sind nicht zahlreich genug, um ganz bestimmte Schlüsse daraus zu ziehen. Dasselbe bezieht auch Gegenbaur auf die Messungen, die von Kindern aus dem ersten Lebensjahre genommen wurden.

1. 3	Monate	125°
2. 3		146
3. 5		141
4. 6	„	142
5. . . 8		158
6. 9		143
7. 9		140

Das Mittel hievon 142°

Bei einem vierjährigen Knaben betrug der Winkel 165° Rechnet man die einzelnen (19) Fälle (Embryonen, Neugeborne, Kinder aus dem 1. Lebensjahr) zusammen, so erhält man ein Mittel von 138°. „Somit ergibt sich ein nicht unbeträchtlicher Unterschied gegen die Stellung des Gelenkendes der Erwachsenen, und man wird das letzte Verhalten nur dann aus dem früheren ableiten können, wenn mit der allmähligen Ausbildung des Humerus eine ebenso allmählige Änderung der Queraxenrichtung des unteren Gelenkendes statuirt.“

„Angesichts dieser Thatsache wird eine Drehung des Humerus um seine Längsaxe als erwiesen betrachtet werden dürfen. Der Humerus muss, um von dem früheren Zustande der Stellung der beiden Queraxen in den späteren überzugehen, eine Drehung um seine Längsaxe vollführen, durch welche der ulnare Epicondylus weiter nach innen, der radiale weiter nach aussen rückt. Damit hätte also die Martins-Theorie von einer Drehung des Humerus im Allgemeinen eine Bestätigung gefunden, wenn auch nicht nachgewiesen wurde, dass dem Humerus anfänglich eine mit dem Femur gleiche Stellung zukommt, und dass die Drehung sich unter 180° erstreckt. Während des ersten Lebensjahres ist die Drehung im Vergleiche mit der embryonalen Periode noch eine unbedeutende. Es lässt sich also nur vermuthen, dass die Zeit des grössten Längenwachsthumes des

Körpers wohl auch für den Humerus jene Veränderung am raschesten herbeiführen wird. Die dabei thätigen Vorgänge werden selbstverständlich weniger in Resorptions- und Neubildungserscheinungen an der Oberfläche des Knochens gesucht werden dürfen, als in dem Wachsthum durch Knorpel an den Gelenkenden oder vielmehr an den Epiphysen. Eine ähnliche Bewegung, wie ich sie oben für den Verlauf der Entwicklung des menschlichen Humerus gezeigt habe, wird sich aber auch innerhalb der mit vergleichbaren Vordergliedmassen ausgestatteten Wirbelthiere herausstellen. Bei den Reptilien wird dann eine solche Drehung von 90° erfolgt sein; ähnlich bei den Vögeln. Vollständiger wird die Umdrehung bei den Säugethieren; sie beträgt beim Rinde 119°, bei Cynocephalus 129°, beim Orang 135°. Am Malayen-Humerus nur 129°; am Humerus der Neger (im Mittel) 148°. Am fötalen Humerus des Europäers beträgt sie 139°. Im ersten Lebensjahre 141°, beim Erwachsenen im Mittel 168°, in einzelnen Fällen sich auf 179° erhebend, aber auch auf 148° stehen bleibend.“

Auch in den Grundzügen der vergleichenden Anatomie [1] erklärt Gegenbaur die Lagerungsänderung der Skelettheile des Vorderarmes und der daran befestigten Hand aus einer Drehung des Humerus um seine Längsaxe, die bereits bei Amphibien beginnt, bei Reptilien bedeutender wird, um unter den Säugethieren beim Menschen ihren höchsten Grad zu erreichen. Bringt man diese Erscheinung in Abzug, so bietet die Reduction des Armskeletes auf jenes des Fusses keine anderen Schwierigkeiten, als in der Verschiedenheit der Volumsentfaltung einzelner Theile, in dem Vorkommen von Verschmelzungen und untergeordneten Formdifferenzen.“

Endlich sagt Gegenbaur [2] in der 4. Auflage seines Lehrbuches: „Die am Humerus im Verlaufe der Kanten sich aussprechende Spiralform ist das Product einer Drehung, welche der Knochen durch Wachsthumsvorgänge während seiner Entwicklungsperiode erfährt. Das distale Ende hat demnach seine ursprünglich vordere Fläche nach hinten, die hintere nach vorne

[1] Leipzig 1870, S. 704.

[2] Lehrbuch der Anatomie des Menschen. 4. Aufl., Leipzig 1890, S. 268.

gekehrt. Durch Vergleichung des Verhältnisses von Embryonen mit dem Erwachsener ergibt sich die Drehung in einem Winkel von circa 35°.....Bei anthropoiden Affen stellt sich die Torsion geringer als beim Menschen heraus und bei anderen Säugethieren ist sie noch geringer."

Die Wichtigkeit der Angaben Martins' und Gegenbaur's bringen es mit sich, dass ich sie eingehend berücksichtigte; bei den übrigen Literaturangaben, mit Ausnahme der Hatschek's, glaube ich mich kürzer fassen zu können.

Schmid[1] widerlegt die von Martins angeführten Gründe für eine virtuelle Drehung des Humerus und sagt, dass sich von der fötalen bis zur Pubertätsperiode eine Drehung annehmen lasse. „Die Extremitätenknochen erleiden durch äussere mechanische Verhältnisse, durch den Muskelzug und andere Einflüsse gewisse Verkümmerungen und Drehungen, wozu uns ja viele Knochen, vorzüglich die muskelstarken Individuen, Belege liefern. Auf mechanische Momente ist meiner Ansicht nach auch die in Gegenbaur nachgewiesene kleine Drehung des Humerus zurückzuführen und derartige secundäre Veränderungen der Knochen, in diesem Falle speciell der Humerus in Abrede zu stellen, könnte mir nie einfallen; dieselben haben aber mit einer Drehung im Sinne der Martins'schen Theorie gar nichts gemein und können in keinem Falle als für dieselbe etwas beweisend angesehen werden."

Albrecht[2] gibt an, dass sich Spirallinien, wie sie sich am Humerus vorfinden, auch an anderen Knochen nachweisen lassen und dass die Winkelschwankungen, die sich zwischen den distalen und proximalen Gelenkaxen des Humerus finden, für ähnlich zu halten sind, wie sie sich für die Winkel nachweisen lassen, welche die proximalen und distalen Gelenkaxen anderer Skelettstücke bilden, ohne dass man für letztere hypothetisch eine einst erfolgte Torsion verlangt. S. 23 heisst es, dass eine graduelle Zunahme des Torsionswinkels am Humerus der Wirbelthiere bis

---

[1] Über die gegenseitige Stellung der Gelenk- und Knochenaxen der vorderen und hinteren Extremität bei Wirbelthieren. Achiv für Anthropologie, 6. Band, Braunschweig 1873, S. 181.

[2] Beitrag zur Torsionstheorie des Humerus und zur morphologischen Stellung der Patella in der Reihe der Wirbelthiere. Inaug. Diss., Kiel 1875.

jetzt weder ontogenetisch noch pylogenetisch nachgewiesen ist. Alle Verhältnisse werden durch die Martins-Gegenbaur'sche Theorie, wenn man eine Retorsion des Humerus vornimmt, in eine „unheilbare Verwirrung" gebracht, so müsste z. B. in Folge dessen der M. biceps, die Art. brachialis, der N. medianus etc. in Spiralform um den Humerus gehen; und desswegen sei auch die radio-postaxiale Torsion des Humerus nicht richtig. Albrecht untersuchte die Stellung des Radius zur Ulna in der Reihe der amphipneumonen Wirbelthiere und fand, dass der unsprünglich innen gelegene Radius sich allmählig mit seinem proximalen Ende nach aussen von der Ulna um 180° verschiebe, die ursprünglich parallele Stellung dieser Knochen zur Kreuzung komme und dass erst später in den entwickeltsten Classen der Säugethiere diese Kreuzung durch Supination corrigirt werden kann.

Auf diese „radio-praeaxiale Verschiebung" des Vorderarmknochens baut nun Albrecht die Homologie der Weichtheile der Extremitäten auf und kommt z. B. zum Schlusse, dass der M. flexor antibrachii biceps das Homologon des M. extensor cruris quadriceps, der Extensor antibrachii triceps das des M. flexor cruris biceps sei u. s. w.

Ich übergehe die weiteren Angaben der Homologien Albrecht's, die durch nichts bewiesen und einfach als nothwendige Ergebnisse der radio-praeaxialen Verschiebung hingestellt werden und bemerke nur, dass der von ihm gegen Andere erhobene Vorwurf, dass in Folge der Retorsion des Humerus eine unheilbare Verwirrung der Verhältnisse eintrete, zum Theil ganz gut auch auf seine Auseinandersetzungen anwendbar ist.

Von den Angaben Krause's [1] sei nur so viel erwähnt, dass er eine Torsion des unteren Humerusendes anerkennt und sie für die Homologie der Extremitäten bedeutungsvoll erklärt. [2]

---

[1] Handbuch der menschlichen Anatomie. 3. Aufl., 3. Band, Hannover 1880, S. 43.

Handbuch der menschlichen Anatomie. 3. Aufl., 2. Band, Hannover 1879, S. 131.

Hatschek findet die Torsion des Humerus schon beim Salamander in schärfster Weise ausgeprägt; er möchte dieselbe auf einen älteren Vorgang beziehen, der der Lageveränderung der Extremität vorherging und mit dieser nicht im Zusammenhange steht. Die Lageveränderung des Armes erfolgte durch eine Drehung im Schultergelenke. Hatschek[1] kann sich der speciellen Erklärung Gegenbaur's nicht anschliessen, noch viel weniger aber findet er sich in Übereinstimmung mit den Ansichten von Albrecht. Nachdem Hatschek erörtert hat, dass die Flossen der Fische und die Extremitäten der Amphibien (Salamanderlarve) nur in der Abwärts- oder Horizontalstellung zum Vergleiche herangezogen werden dürfen, bespricht er die Lageveränderungen der vorderen und hinteren Extremität, welche besonders bei den höher entwickelten Wirbelthierformen deutlicher hervortreten und sagt: „Bei den urodelen Amphibien, z. B. bei dem Salamander, sind die vorderen und hinteren Extremitäten noch ähnlich gestellt, sie gehen auch in stark transversaler Richtung vom Körper ab. Das Ellenbogengelenk ist annähernd nach aussen und dorsal gewendet, nur ein wenig nach hinten gedreht; der stützende Theil des Vorderfusses, nämlich die Handfläche und der Finger ist nach aussen gerichtet, so dass der Daumen in der Reihe der Finger als der vorderste erscheint. An dem hinteren Fusse finden wir das Kniegelenk ebenfalls noch annähernd nach aussen und dorsal gewendet, nur wenig nach vorne gedreht; auch hier ist der stützende Theil, nämlich die Fussfläche und die Finger, nach aussen gerichtet, so dass wieder der Daumen als der vorderste in der Reihe der Finger gezählt wird.

„Bei den höher differenzirten vierfüssigen Thieren — so schon beim Frosch, bei den Reptilien und am deutlichsten bei den Säugethieren — erfährt die vordere und die hintere Extremität charakteristische Lageveränderungen. Zunächst ist hervorzuheben, dass der stützende Theil sowohl der vorderen als auch der hinteren Extremität sich nach vorne wendet, derart, dass nun der Daumen als der innerste, der fünfte als der äusserste in der Reihe der Finger liegt. Der Stamm oder Stiel verhält sich dagegen

---

[1] Die paarigen Extremitäten der Wirbelthiere. Verhandlungen der anatomischen Gesellschaft auf der dritten Versammlung in Berlin, 1889. Jena 1889, S. 82.

verschieden bei der vorderen und bei der hinteren Extremität. Bei der vorderen Extremität wird nämlich der Stiel, das ist der Ober- und Unterarm, derart nach hinten gedreht, dass das Ellenbogengelenk nicht mehr nach auswärts, sondern nach hinten gerichtet ist; da nun der stützende Theil im entgegengesetzten Sinne gedreht ist als der Extremitätenstiel, und zwar im Sinne der Pronationsstellung, so erfolgt eine Überkreuzung von Radius und Ulna, welche ursprünglich, z. B. beim Salamander, parallel gelagert waren. Bei der hinteren Extremität wird dagegen der Extremitätenstiel nach vorne gedreht, so dass das Kniegelenk nach vorne sieht; es ist hier der stützende Theil und der Stiel der Extremität in gleichnamiger Weise gedreht und daher bleiben die Skelettstücke des Unterschenkels stets parallel. Die verschiedenartige Stellung der vorderen und hinteren Extremität bezieht sich demnach nur auf den Extremitätenstiel, während der stützende Theil gleichartig gelagert ist."

Übergehend auf die Ergebnisse der eigenen Untersuchungen wäre vorerst anzuführen, dass der spiralige Verlauf der äusseren Kante des Oberarmknochens nicht als Beweis für eine stattgefundene Drehung desselben angesprochen werden kann. Ihre Form, Ausdehnung und Ausprägung ist mit dem Ansatze und Ausprägung der bezüglichen Musculatur im Zusammenhange und dementsprechend ist sie als eine Ansatzleiste für Muskeln anzusehen; hiermit fällt aber weg, dass sie jene Bedeutung habe, die ihr von Martins zugesprochen wird. Entsprechend den Verhältnissen der Ausbildung der Musculatur wird sie in den Jugendzuständen oder bei schwächlichen Individuen gar nicht oder nur sehr schwach angetroffen, während sie bei kräftiger Musculatur eine grosse Entwicklung besitzt. Bei Thieren wird sie unter Umständen gar nicht, oder schwach ausgebildet, oder auch besonders mächtig (namentlich bei solchen, die ihre vorderen Gliedmassen zum Graben verwenden) beobachtet; im letzeren Falle kann sie zu einer breiten mächtigen Platte heranwachsen. Der Verlauf der äusseren Kante kann eine Drehung des Humerus vortäuschen, in derselben Weise, wie bei der scoliotischen Wirbelsäule das einseitige mächtige Wachsthum der Wirbelkörper eine Torsion der Wirbelsäule vortäuscht, während in Wahrheit nicht ein Wirbel torquirt ist, auf welche Verhältnisse namentlich Nicola-

doni [1] in treffender Weise und neuestens auch Little[2] aufmerksam macht.

Es wäre noch zu bemerken, dass die innere Kante des Humerus stets gerade herabsteigt, bei gleichzeitiger ausgesprochener spiraliger Drehung der äusseren.

Durchschnitte durch den Humerus zeigen weder eine Drehung der Substantia compacta, noch eine der Balken der Spongiosa. Die Arteria nutritia verläuft fast gerade. Werden Humeri, sei es, dass sie von jugendlichen oder erwachsenen Individuen stammen, entkalkt und mit einer runden Ahle auf der ganzen Oberfläche gestichelt, so erscheinen mit der Längsaxe des Knochens zusammenfallende Spalten, die, wenn der Humerus wirklich eine Drehung, wie angenommen, erfahren hätte, in der Weise sich verhalten müssten, dass sie an der vorderen Fläche des unteren Endes des Humerus dem Drehungsgrade entsprechend, sich nach aufwärts und hinten wenden müssten; von all dem ist nichts zu sehen; in der Hauptsache steigen sie parallel zur Axe des Oberarmknochens auf, in ganz geringer Weise (bei verschiedenen Knochen verschieden, aber nie besonders stark), von der vorderen Seite auf die hintere Seite ablenkend. Hieraus aber folgt, dass der Oberarmknochen denn doch nicht ganz gerade, sondern eine kleine spirale Drehung seines unteren Endes in Beziehung auf sein oberes Ende besitzt und damit hängen auch die verschiedenen Winkelwerthe, die Gegenbaur, Lucae, Welcker und Schmid bezüglich der Axen des unteren und oberen Endes des Oberarmknochens fanden, zusammen. Wenn zugegeben wird, dass der Verlauf der äusseren Kante des Oberarmknochens für die Drehung des Humerus nicht beweisend sei, so entsteht die Frage, ob denn nicht das Ergebniss der Stichelung der entkalkten Knochen, im Zusammenhange mit den Ergebnissen der Winkelmessungen obgenannter Autoren, doch als Beweis für die Drehung des Humerus herangezogen werden könnte.

Auf dies wäre zu erwidern, dass, wenn man Stichelungen anderer Röhrenknochen vornimmt, sich ähnliche Verhältnisse wie

---

[1] Die Torsion der scoliotischen Wirbelsäule. Stuttgart 1882.

[2] X. internationaler medicinischer Congress in Berlin 1890. Wiener Klinische Wochenschrift, 4. Jahrgang 1891, Nr. 1, S. 14.

am Oberarmknochen ergeben, wie denn auch die Stellung der Axen des oberen und unteren Endes anderer Knochen zu einander immer Winkelschwankungen zeigen. Es sei gestattet anzuführen, dass Gegenbaur selbst erwähnt, dass in Folge einer in sechs Fällen vorgenommenen Untersuchung des Verhältnisses der durch den Gelenkkopf und der durch die Condylen gelegten Axen von Oberschenkelknochen, wo sich Winkelwerthe von 10°, 7°, 17°, 12°, 22°, 4° ergaben, am Femur sich die untere Axe median hinter die obere stellte, ein dem Humerus analoges Verhältniss erscheine, „das man unter der allerdings hier noch nicht erwiesenen Voraussetzung eines anfänglichen Zusammenfallens beider Axen gleichfalls als Drehung um die Längsaxe bezeichnen könnte.“

Es erscheint mir überflüssig, mit Zahlen über Winkelmessungen menschlicher und thierischer Knochen zu kommen, da schon mehrere diesbezügliche Untersuchungen vorliegen und mit einfachen Worten gesagt werden kann, die langen Knochen sind alle eben niemals vollkommen gerade, sondern alle zeigen eine mehr minder starke, bei verschiedenen Individuen verschieden stark entwickelte Spirale, wie ja auch Fischer[1] die Spiralform als ein für die meisten Knochen giltiges Gesetz aufstellt.

Es wäre vielleicht noch zu erwähnen, dass Gefässe, und seien es nur kleine Zweige, Nerven einen mathematisch geraden Weg meist vermeiden, sondern in deutlicher oder kaum merkbarer Spirale ihren Weg nehmen. (Wie besonders entwickelt ist doch die Spiralform bei den Pflanzen.) Indem so die Spirale für die meisten, wenn nicht für alle Knochen besteht, so geht hervor, dass die von Gegenbaur besonders nachgewiesene Drehung des Humerus nicht in dem Sinne der Martins'schen Theorie zu verwerthen ist. Ich muss mich in dieser Beziehung den oberwähnten Angaben Schmid's, Albrecht's und Hatschek's ganz anschliessen. Ich glaube von einer weiteren Erörterung der gestellten Frage hinsichtlich der Verwerthbarkeit der sogenannten Drehung des Humerus (welche vielleicht besser als Spirale bezeichnet werden dürfte und ihm allein nicht eigenthümlich ist), als Ursache einer Lageveränderung des distalen Endes des

[1] Über das Winden (Axendrehung, Torsion) beim Wachsthum der Thiere. Centralblatt für Chirurgie. Jahrgang 1866, Nr. 13.

Humerus, und damit des Vorderarmes und der Hand absehen zu können, umsomehr als aus dem Nachfolgenden sich ergeben wird, dass eine Drehung des Humerus im Martins-Gegenbaur'schen Sinne als vollständig ausgeschlossen betrachtet werden muss.

Es ist richtig, dass für die Homologisirung der oberen und unteren Extremität beim Menschen, obwohl, was die knöchernen Gebilde anbelangt, dieselbe von Gegenbaur sehr treffend und unanfechtbar erwiesen wurde, immer das störend eintrat, dass bei supinirtem Vorderarme der Radius aussen, Ulna innen u. s. w. zu liegen kommen, während die homologen Gebilde der unteren Extremität entgegengesetzt, Tibia innen, Fibula aussen u. s. w. zu liegen kommen und dass, bevor noch Hatschek mit seinen Ansichten auftrat, die Martins-Gegenbaur'sche Theorie von der Drehung des Humerus die Schwierigkeiten beseitigte. Dies gilt aber nur für den Menschen; denn bei den übrigen Säugethieren z. B. befinden sich ja die Knochen der vorderen und hinteren Extremität, wenn man von der entgegengesetzten Stellung des Ellenbogen- und Kniegelenkes absieht, in gleicher Stellung; wollte man für den Humerus der Vierfüssler die Drehungstheorie auch anwenden, so käme es dahin, dass, wenn man das untere Ende des Humerus zurückdreht und den Vorderarm und die Hand folgen lässt, dass wohl eine gleichsinnige Stellung des Ellenbogengelenkes und Kniegelenkes zu Stande kommt, die Knochen des Vorderarmes und der Hand zu denen des Unterschenkels und des Fusses aber verkehrt liegen. Für die Vierfüssler konnte daher die Drehungstheorie nie Geltung besitzen.

Soviel mir bekannt und wie wohl aus der Lehre der Theorie hervorgeht, wurde die obere Extremität immer in Supinationsstellung des Vorderarms zum Vergleiche mit der unteren Extremität herangezogen und betont, in dieser Stellung sei eine Homologisirung unmöglich, denn die Tibia liege innen und Fibula aussen und beim Vorderarm sei es mit den unzweifelhaft homologen Gebilden dem Radius und der Ulna gerade verkehrt. Es sei gestattet anzuführen, dass die Voraussetzung, Tibia liege innen und die Fibula nach aussen von ihr, nicht richtig ist. Ein aufmerksamer Blick auf den Unterschenkel eines Menschen- oder Säugethierskelettes lehrt, dass die Axen bei den Knochen

nicht parallel liegen, sondern sich kreuzen, das obere Ende der Fibula liegt nicht aussen, sondern aussen und hinten vom oberen Ende der Tibia; auch das untere Ende der Fibula liegt nicht strenge nach aussen vom unteren Ende der Tibia, sondern gering hinten und aussen. Kurz gesagt, die Unterschenkelknochen befinden sich in einer Pronationsstellung.

Wenn die Knochen des Unterschenkels wirklich parallel liegen würden, so würde die Kreuzungsstellung der Vorderarm knochen, bei den Säugethieren z. B., es dahin bringen, dass die Frage auftaucht, wie so es denn komme, dass trotz der gleichartigen allgemeinen Stellung die Vorderarmknochen gekreuzt stehen, während die des Unterschenkels parallel stehen. Wenn aber die Knochen des Unterschenkels nicht parallel stehen, sondern die Fibula sich etwas hinter die Tibia schmiegt, wie es die Ulna im Verhalten zum Radius thut, so fällt die Schwierigkeit, die auftauchte, hinweg.

Wenn nun auch die Unterschenkelknochen des Menschen keine rein parallele Stellung besitzen, so war es in einer Hinsicht gefehlt, jene Stellung des Vorderarmes durch die Drehung des Humerus zu bewirken, wo dann Radius (innen) und Ulna (aussen) zu einander parallel lagern.

Die Supinationsstellung des Vorderarmes, es ist jetzt nur vom Menschen die Rede, ist eine erzwungene Lage und als solche ist sie von vorneherein für die Homologisirung der Extremitäten nicht zu verwerthen. Die natürliche Lage ist die Pronationsstellung und betrachtet man diese, so zeigt sich, dass die Gegensätze zwischen Unterschenkel und Fuss einerseits, Vorderarm und Hand bedeutend schwächer werden; die Vorderarmknochen kommen in eine ähnliche Lage zu liegen wie die des Unterschenkels, und der Daumen nähert sich in seiner Lage bedeutend der der grossen Zehe. Wenn man aber die falsche Ansicht von der parallelen Stellung der Unterschenkelknochen hegt, dann wird die in der Pronationsstellung auftretende Kreuzung der Vorderarmknochen im starken Gegensatze zu denen des Unterschenkels stehen.

Trotzdem, dass sich bei pronirtem Vorderarm die bei supinirtem scharf hervortretenden Gegensätze zwischen Unterschenkel und Vorderarm u. s. w. abschwächen, ist diese Stellung

doch nicht hinreichend, um ohne Schwierigkeiten die Homologisirung vorzunehmen.

Für die Homologisirung der oberen und unteren Extremität ist unbedingt das erste Erforderniss, dass die Stellung derselben eine vollkommen gleiche sei; sie muss aber nicht nur eine gleiche, sondern auch eine natürliche sein.

Für die Homologisirung bildete immer die untere Extremität das Vergleichsobject, und da die obere Extremität eine andere Lagerung besitzt, so schloss man, dass sie ursprünglich eine andere Lage, gerade eine solche, wie die untere Extremität besessen. Es kann mit Recht die Frage entstehen, ob denn die untere Extremität, die bei den Menschen und Säugethieren in den einzelnen Theilen wohl in gleicher Weise gelagert ist, das Vergleichungsobject abgeben kann. Es könnte ja sein, dass die obere Extremität eine ursprüngliche Lagerung zeigt und dass die untere Extremität eine Lageveränderung eingegangen; oder was auch möglich, beide Extremitäten hätten eine Lageveränderung durchgemacht und es können die Extremitäten in der Weise wie sie jetzt lagern, keine für die andere das Vergleichungsobject abgeben.

Betrachtet man die Stellung der hinteren Extremität eines Salamanders, so ist sie anders als z. B. beim Hund; dies allein beweist schon, dass die untere Extremität bei den höheren Wirbelthieren eine Lageveränderung durchgemacht haben muss, und dass sie sohin in der Lage, wie sie angetroffen wird, nicht das Vergleichungsobject für die obere Extremität abgeben kann.

Hatschek hat das Wesentliche der Sache getroffen, indem er, die Drehungstheorie abweisend, zeigte, dass die obere und untere Extremität der Säugethiere eine Lageveränderung eingegangen sind, in der Weise, wie oben angeführt wurde. Hatschek sagt: Bei den Säugethieren ist der Stiel der vorderen Extremität nach rückwärts, der der hinteren nach vorwärts gedreht. Die Drehung erfolgte einerseits im Schulter- anderseits im Hüftgelenke; der stützende Theil hat sich bei der vorderen und hinteren nach vorne gedreht und da die Drehung bei der vorderen Extremität im entgegengesetzten Sinne als im Schultergelenk geschah, erfolgte die Kreuzungs-Pronationsstellung der Vorderarmknochen, während bei der hinteren, wo der stützende Theil sich gleich-

sinnig mit dem Hüftgelenk nach vorne drehte, die Parallelstellung der Unterschenkelknochen aufrecht erhalten bleiben konnte. Hatschek spricht nur von Säugethieren; da er aber den Menschen nicht ausdrücklich erwähnt, so scheint es mir, als gelten seine Auseinandersetzungen für den Menschen nicht; die Verhältnisse der Stellung der Extremitäten beim Menschen sind doch andere als bei den auf vier Füssen einherschreitenden Säugethieren. Um Irrthümern vorzubeugen, erscheint es am besten, Hatschek's Angaben nur für die Vierfüssler gelten zu lassen.

Um die Extremitäten bei diesen homologisiren zu können ist es nach den Angaben Hatschek's daher nothwendig, vorerst eine Lageveränderung sowohl der vorderen als unteren Extremität vorzunehmen, und zwar im rückläufigen Sinne. Führt man aber dieses aus, so erlangt man es wohl, dass die Streckseiten, respective Ellbogengelenk und Kniegelenk nach aussen zu liegen kommen, aber durch die Zurückdrehung des stützenden Theiles kommen ihre Palmar- respective Plantarseiten ebenfalls nach aussen zu liegen, was bei der vorderen Extremität durch eine ausgeführte Supination leichter, bei der hinteren aber schwerer zu erreichen ist. Die Streckseiten des Ellbogengelenkes und Kniegelenkes sehen nach erfolgter Rückdrehung nach aussen, aber auch die Beugeseiten der stützenden Theile, obwohl Daumen und grosse Zehe gleichsinnig nach hinten gerichtet sind.

Hatschek hat entschieden das Verdienst, auch eine Lageveränderung der hinteren Extremität für die Zwecke der Homologisirung herangezogen zu haben; dass trotzdem die Sache noch immer nicht vollkommen stimmt, wird aus später anzuführenden Gründen ersichtlich sein.

Um nun auf die Frage der Stellung der Extremitäten zum Zwecke des Vergleiches beim Menschen zurückzukommen, ist es nothwendig, dass das Vergleichungsobject gesucht werde, ob dasselbe die obere oder die untere Extremität abzugeben habe, kurz gesagt, welches denn die richtige Stellung sei, in welcher beide Extremitäten mit einander ohne Schwierigkeiten verglichen werden könnten.

Zur Lösung dieser Frage gibt uns die vergleichende Anatomie und die Entwickelungsgeschichte die Mittel an die Hand.

Die Versuche beim Menschen eine Homologisirung der oberen und unteren Extremität, ohne Schwierigkeiten herbeizuführen, sind sämmtlich gescheitert. Ein Theil der Ursachen hiefür ist darin zu suchen, dass man beim Menschen in aufrechter Stellung seine Extremitäten untersuchte. Bei den Vierfüsslern, wo für die Homologisirung nicht so scharfe Gegensätze bestehen als beim Menschen, ist die Lage der Vorderarmknochen und Unterschenkelknochen die gleiche. Will man die Extremitäten des Menschen in Einklang bringen mit denen der Vierfüssler, so ist das erste Erforderniss, dass auch der Mensch in vierfüssiger Stellung betrachtet werde; aber nicht einfach in der Weise, dass man ein künstlich gefasstes Skelet auf die vier Extremitäten zu stehen bringt, sondern in der Weise, dass der Lebende den Gang auf Vieren einschlägt; nach der Lagerung der Knochen bei diesem kann dann ein Skelet entsprechend hergestellt werden.

Hiebei zeigt sich, dass der Mensch auf Vieren nur im Passe, also den natürlichen Gang der Thiere gehen kann und dass die Extremitäten fast gleich stehen, wie bei den anderen Vierfüsslern. Die geringsten Veränderungen hat die untere Extremität eingegangen; sie wurde im Hüft- und Kniegelenke gebeugt und mit letzterem nothwendigerweise etwas einwärts rotirt. Die obere Extremität hat sich vollends pronirt, aber auch im Schultergelenk so stark nach einwärts gedreht, dass das Tuberculum majus statt nach aussen, nach vorne sieht; der ganze Schultergürtel sucht dieser starken Einwärtsdrehung des Oberarmes zu folgen in der Weise, dass die Scapula mit ihrer Gelenkfläche die beste Stütze für den stark einwärts rotirten Oberarm abzugeben im Stande ist. Die Veränderungen der Stellung der oberen Extremität sind namentlich bei der, die sich in Schreitstellung befindet, sehr deutlich. Kurz gesagt, alle Knochen streben jene Stellung anzunehmen, wie sie denen der vorderen Extremität der Vierfüssler dauernd zukommt, und wenn dies nicht ganz erreicht wird, so ist ja die Ursache darin zu suchen, dass bei der letzteren die vordere Extremität zeitlebens ein Stützorgan ist, während beim Menschen sie nur willensweise als solches verwendet wird.

In der vierfüssigen Stellung des Menschen gehen die Extremitäten solche Lageveränderungen ein, dass ihre Homologie mit denen der Vierfüssler unschwer durchzuführen ist. Und begegnet

bei den Vierfüsslern die Homologisirung der Extremitäten keinen Schwierigkeiten, so werden diese auch für den Menschen wegfallen, insoferne er nicht in aufrechter Stellung, sondern auf allen Vieren zum Vergleiche herangezogen wird.

Es ist hier die Stelle zu erwähnen, dass Martins hervorhebt, dass die Stellung der Axe des Humeruskopfes beim Menschen und den anthropomorphen Affen im Verhältniss zu der des Femurhalses eine andere sei als bei den Land- und Wassersäugethieren. Während sie beim ersteren in einer Ebene und senkrecht gegen die Vertebrosternalebene gerichtet sind, kommt es bei letzteren dahin, dass Femurhals und Kopf wie beim Menschen und den anthropomorphen Affen gestellt sind, aber der Humeruskopf steht parallel zur Vertebrosternalebene (schaut nach hinten); demgemäss muss bei den Land- und Wassersäugethieren der Humeruskopf um 90° gedreht sein.

Gegenbaur schon äusserte hierüber sein Bedenken: „Die Drehung bezieht sich nämlich dann nicht mehr auf den Humerus allein, sondern auf ihn und seine Stellung zum Körper, wodurch die in Betracht zu ziehenden Instanzen ausserordentlich complicirt werden. Will man hierauf eingehen, so müsste die Stellung der Scapula vor allem berücksichtigt werden.“

Es ist richtig, was Martins angibt, dass beim Menschen Humeruskopf und Femurkopf nach einwärts schauen, während bei den Säugethieren dies nur der Femurkopf thut, und der des Humerus nach hinten schaut, so dass das beim Menschen nach aussen liegende Tuberculum majus bei den Säugethieren nach vorne zu liegen kommt.

Die, wenn man schon so will, eigenthümliche Stellung des Humeruskopfes des Menschen im Vergleiche zu den Säugethieren ist nur eine Folge des aufrechten Ganges. Befindet sich der Mensch in der vierfüssigen Stellung, so verschiebt sich der Schultergürtel und mit ihm der Humerus, und es sieht der Humeruskopf nach hinten, Tuberculum majus nach vorne, geradeso wie bei den übrigen Säugethieren und der hervorgehobene Unterschied in dieser Beziehung zwischen Mensch und Säugethier fällt weg.

Es ist hier ferner der Ort, aufmerksam zu machen, dass Henke und Reyher angeben, dass bei menschlichen Embryonen

aus dem Schluss des zweiten Monates, der Humeruskopf ebenso wie beim Hunde seine volle Convexität nach hinten richtet, derselbe also mit einem Schnitte, welcher ihn vom Tuberculum majus her in zwei gleiche Hälften theilt, die Drehungsaxe der Trochlea im rechten Winkel schneidet. An Erwachsenen aber würde ein so durch den Humeruskopf gelegter Schnitt parallel zur Drehungsaxe des Humerus sein oder sie nur in sehr kleinem Winkel schneiden. Die Orientirung hierin wird auch noch weiter durch die Berücksichtigung der Sulcus intertubercularis und der Bicepssehne erleichtert. Dass diese Änderung in der Stellung der beiden Gelenksflächen zu einander an einer Drehung des Humerus in sich selbst und um seine Längsachse abhängig sein könnte, wird durch den spiraligen Verlauf seiner Kanten beim ausgetragenen Kinde und später wahrscheinlich gemacht. Diese Umformung muss sich aber schon in der ersten Hälfte des intrauterinen Lebens vollziehen. [1]

Diesen Angaben sind dieselben Bedenken, die Gegenbaur bezüglich der ähnlich sich verhaltenden Angaben von Martins äussert, entgegenzustellen. Henke und Reyher berücksichtigen nicht die Stellung des Schultergürtels. Wenn dieser anders steht, so muss auch nothwendigerweise der Humeruskopf anders stehen und während des embryonalen Lebens findet man in der That eine andere Stellung der Schultergürtel als an Erwachsenen, worüber später Näheres angeführt wird; ebenso hat ja auch der Hund eine andere Stellung des Schultergürtels als der erwachsene Mensch. Selbst wenn man den Hund oder ein anderes Säugethier aufrichtet, dass es auf den zwei hinteren Extremitäten, wie der Mensch steht, so gewahrt man sofort, dass die Fossae glenoidalis scapulae bei ersteren nach vorne, bei letzteren lateral gerichtet sind; dementsprechend auch die Stellung des Humeruskopfes eine verschiedene sein muss. Gibt man aber den Schultergürteln bei Thier und Mensch gleiche Stellung, so sind auch die Humerusköpfe gleich gerichtet.

Die Befunde, die Henke und Reyher bei menschlichen Embryonen hinsichtlich der anderen Stellung des Kopfes des

---

[1] Sitzungsberichte d. kais. Akad. d. Wissensch. in Wien, LXIX. Bd. 3. Abth.. S. 252.

Humerus als bei Erwachsenen machten, sind vollkommen richtig, ich kann sie auch bestätigen aber sie übersahen, dass auch die Scapula, beziehungsweise der Schultergürtel bei Embryonen eine andere Stellung als bei Erwachsenen aufweist, was zum Theile aus der von ihnen gegebenen Abbildung, Fig. 32, Taf. IV, erkenntlich ist.

So sind die Befunde Henke's und Reyher's, der Erklärung der Änderung der Stellung der Gelenkenden des Humerus durch eine Drehung des Humerus in sich selbst um seine Längsachse hinfällig, ja sie beweisen, dass eben im Schultergürtel Stellungsveränderungen vor sich gegangen sein müssen.

Aus allem Gemeldeten ist ersichtlich, dass für die Beurtheilung der späteren Zustände der Lagerungen der Extremitäten es von grösster Bedeutung ist, die im Laufe der Entwickelung eintretenden Veränderungen zu kennen, und dementsprechend seien in den folgenden Zeilen die entwicklungsgeschichtlichen Verhältnisse einer Untersuchung unterzogen. Hinsichtlich der Entwicklung der Lageveränderungen der Extremitäten liegen schon genauere Angaben von Kölliker vor, und es sei gestattet, dieselben hier ausführlich anzuführen. Kölliker[1] sagt:

„Wir beginnen diesen Paragraphen mit einer kurzen Schilderung der Entwicklung der äusseren Form der Glieder, weil dieselbe für das Verständniss der Homologien der vorderen und hinteren Extremität von grösster Bedeutung ist."

„Zur Zeit, wo die Extremitäten in den ersten Spuren sichtbar sind, stellen dieselben wesentlich gleich beschaffene kurze Stummelchen dar, welche da, wo die Visceralplatten enden, seitlich vom Rumpfe abstehen, und wie die späteren Zustände lehren, ihre Streckseite dorsalwärts wenden und die spätere Radial- (Tibial)- Seite kopfwärts gerichtet oder am proximalen Rande zeigen. Mit zunehmendem Wachsthume legen sich die Glieder immer mehr ventralwärts dem Leibe an und stellen sich auch nach und nach etwas schief nach hinten, so jedoch, dass die vordere Extremität stärker geneigt ist, als die hintere Gliedmasse. Gleichzeitig hiemit tritt auch die erste Gliederung auf, indem

[1] Kölliker, Entwicklungsgeschichte, Leipzig 1879, S. 487 und Grundriss, Leipzig 1884, S. 224.

Hand und Fuss von der übrigen Gliedmasse sich abschnüren. Nicht viel später erscheint dann auch an dem noch sehr kurzen Anfangstheile der eigentlichen Gliedmasse die erste Andeutung einer Scheidung in zwei Abschnitte dadurch, dass am Arme der Ellbogen als eine nach hinten gerichtete Convexität und am Beine das Knie als eine leichte Wölbung nach vorne auftritt, wie solches alle besseren Abbildungen junger Embryonen wiedergeben (Man vergl. bes. A. Ecker, Icones phys. Taf. XXVI, Fig. 9 u.12). Mit diesem bereits im zweiten Monate auftretendem Unterschiede, der immer ausgesprochener wird, ist die wichtigste Verschiebung beider Glieder angelegt und man kann denselben mit Humphry (On the fore and hind limbs in vertebrates in Journal of Anat. X 1876, p. 659) auch so ausdrücken, dass man sagt, die vordere Extremität rotire aus ihrer primitiven lateralen Stellung allmälig um ihre Längsaxe nach der distalen Seite, während bei der hinteren Gliedmasse das Umgekehrte statthabe, was dann die weitere Folge nach sich zieht, dass am Arme die Streckseite an die distale, am Beine an die proximale Seite zu liegen komme. Die eigentlichen Ursachen, welche die verschiedenen Drehungen der beiden Glieder bedingen, sind annoch ganz unklar, nur scheint mir soviel sicher zu sein, dass Wachsthumserscheinungen sowohl in den Extremitäten selbst, als in deren Nachbarschaft bei denselben eine Hauptrolle spielen, und Muskelwirkungen ganz ausgeschlossen sind, letztere vor Allem aus dem Grunde, weil der Anfang der besprochenen Gestaltung in eine Zeit fällt, in der die Muskeln noch in der ersten Anlage begriffen sind. Als gestaltende Momente der Extremitäten hätte man wohl vor Allem anzusehen die Vorgänge bei der Bildung des Extremitätengürtels, des Thorax und der Bauchwand. Dass letztere gar nicht so unwichtig sind, scheint vor Allem die Stellung der Hände zu lehren, die schon sehr früh in Pronationsstellung treten dadurch, dass die stark heranwachsende Lebergegend den distalen (ulnaren) Rand derselben hebt.“

„Sei dem wie ihm wolle, so geht aus dem Gesagten auf jeden Fall soviel mit Sicherheit hervor, dass ursprünglich Arm und Bein genau dieselbe Stellung haben und dass die Momente, welche die spätere verschiedene Lagerung und Krümmung derselben bewirken, schon in der frühesten Fötalzeit an beiden Gliedmassen

wirksam sind. Man wird daher der Drehung des Armes nach der distalen Seite, die des Beines nach der proximalen Seite entgegenzustellen haben und ausserdem auch die früh eintretende Pronation der Hand ins Auge fassen müssen, um ein Verständniss der bleibenden Verhältnisse zu gewinnen. Anders ausgedrückt, müssen die Homologien der beiden Extremitäten nach ihrer frühesten fötalen Stellung bestimmt werden und sind daher alle Extensorengruppen einander gleichwerthig und ebenso alle Flexorenabtheilungen, sowie Radius und Tibia und Ulna und Fibula."

Die Angaben Kölliker's kann ich völlig bestätigen, wie auch Hertwig die gleichen Mittheilungen macht. Hertwig[1] sagt: „Bei ihrer Vergrösserung legen sich die Gliedmassen der Bauchfläche des Embryo an und sind dabei schräg von vorne nach hinten gerichtet, und zwar die vordere mehr als die hintere. Bei beiden liegt ursprünglich die spätere Streckseite dorsal, die Beugeseite ventral. Sowohl der radiale wie der tibiale Rand mit dem Daumen und der grossen Zehe sind kopfwärts und der fünfte Finger und die fünfte Zehe sind schwanzwärts gerichtet. Hieraus, sowie aus der Annahme, dass die Gliedmassen mehreren Rumpfsegmenten angehören, erklären sich einige Verhältnisse in der Vertheilung der Nerven der oberen Extremität. Es wird nämlich am Arme „die radiale Seite von Nerven versorgt (Axillaris Musculus cutaneus), deren Fasern auf den fünften bis siebenten Cervicalnerven zurückzuführen sind. An der ulnaren Seite finden wir dagegen Nerven (Nervus cutaneus medialis, medius und ulnaris), deren Entstehung aus dem unteren secundären Stamme des Plexus ihre Abstammung aus den achten Hals- und ersten Dorsalnerven unschwer erkennen lässt." (Schwalbe).

„Im weiteren Fortgange der Entwicklung verändern die beiden Gliedmassen ihre Ausgangsstellung, und zwar die vordere im höheren Grade als die hintere, indem sie sich um ihre Längsaxe in entgegengesetzter Richtung drehen. Auf diese Weise kommt am Oberarme die Streckseite nach hinten, am Oberschenkel nach vorn zu liegen. Radius und Daumen sind jetzt lateralwärts, Tibia und grosse Zehe medianwärts gelagert. Diese Lageveränderungen sammt Drehung sind bei Bestimmung der Homologien von vorderer und hinterer Extremität naturgemäss in

[1] Entwicklungsgeschichte, Jena 1890, 3. Aufl., S. 527.

Rechnung zu bringen, so dass Radius und Tibia, Ulna und Tibula einander entsprechen."

Als besonders wesentlich ist aus dem Angeführten Folgendes hervorzuheben:

In den ersten Zuständen haben vordere und hintere Extremität beim Menschen und den übrigen Säugethieren eine vollständig gleiche Lage. Die Streckseiten sind nach aussen (resp. dorsal), die Beugeseiten nach innen (resp. ventral) gerichtet; der radiale Rand und Daumen, wie auch der tibiale Rand und die grosse Zehe liegen proximalwärts, der ulnare Rand und der fünfte Finger, der fibulare Rand und fünfte Zehe distalwärts. Es zeigen sich bei den lateralwärts abstehenden stummelähnlichen Extremitäten des Menschen und der Säugethiere dieselben Verhältnisse, wie sie Hatschek für die horizontal gestellten Flossen der Selachier und Extremitäten der Salamanderlarven entwickelt hat und worüber früher berichtet wurde. In diesen ersten Zuständen lassen sich die Extremitäten der höchsten Wirbelthiere mit den Flossen der niedersten homologisiren.

Von einer Drehung der ganzen Extremität oder ihrer einzelnen Theile ist keine Spur vorhanden, und es ist klar, dass die Nerven, die vom Stamme zu den Extremitäten ziehen, in der Weise verlaufen, dass keine Torsion der Bündel vorhanden ist und dass einer hinter dem andern liegen muss.

Sieht man im Laufe der weiteren Entwicklung in der von Kölliker treffend geschilderten Bildung der Pronationsstellung des Vorderarmes und der Hand ab, so ergeben sich folgende Lageveränderungen:

1. Wendung der lateral abstehenden flossenartigen Extremitäten nach innen, so dass sie sich mit der ventralen Seite der Vorderfläche (Unterfläche) des Stammes nähern.

2. Die mittlerweile weiter entwickelten und Gliederung aufweisenden Extremitäten neigen sich schwanzwärts, und zwar die obere mehr als die untere. (Kölliker.)

3. Die obere Extremität rotirt als Ganzes distalwärts, so dass die Streckseite distalwärts zu liegen kommt, während die untere Extremität ebenfalls als Ganzes proximalwärts rotirt, so dass die Streckseite proximalwärts zu liegen kommt.

Zu diesen aus Kölliker's Beschreibungen entnommenen Angaben hätte ich nach Untersuchung an den mir zur Verfügung stehenden Embryonen wie auch Abbildungen hinzuzufügen:

Ad 2. Eine Neigung distalwärts kann ich nur an der oberen Extremität wahrnehmen, der Grad der Neigung ist verschieden bei verschiedenen Embryonen und beträgt beiläufig 67°, 64°, 64°, 32°, 45°, 19°, 10° und 5° von jüngeren zu älteren fortschreitend. Die untere Extremität ist nicht distalwärts geneigt, sondern steht horizontal (aufrechte Wirbelsäule), ja sie kann sogar leicht proximalwärts geneigt sein.

Ad 3. Die Extremitäten rotiren nicht in gleich starkem Grade; die obere stärker als die untere. Die Rotation bei der oberen ist nicht eine solche, dass das Ellbogengelenk streng distalwärts gerichtet ist, sondern noch immer etwas lateral (dorsalwärts, Embryo auf dem Bauche liegend gedacht) sieht; bei der unteren Extremität richtet sich das Kniegelenk nicht rein proximalwärts, sondern ebenfalls etwas lateral, und zwar mehr als bei dem Ellbogengelenke der Fall. Das Ellbogengelenk hat früher seine definitive Lage erreicht als das Kniegelenk; an der Richtung des Ellbogengelenkes wird nichts mehr Wesentliches geändert, denn dieses Gelenk sieht beim Erwachsenen niemals genau nach hinten (dorsalwärts), sondern immer etwas lateralwärts. Anders das Kniegelenk, welches beim Erwachsenen fast ganz nach vorne schaut, und nur noch beim Neugebornen sehr stark lateral gerichtet ist.

Diese eintretende Drehung der Extremitäten als Ganzes, und zwar im entgegengesetzten Sinne, betont auch Hatschek. Während aber Hatschek sich näher ausspricht und sagt, dass die Drehung im Schulter- und Hüftgelenk erfolge, äussern sich Kölliker und Hertwig und auch Humphry nicht darüber. Und hier aber liegt ein Theil des Schwerpunktes der ganzen Frage.

Es ist ungemein wichtig zu wissen, wo die Drehung der Extremitäten vor sich gehe und dass man sich dahin genau ausspreche; denn die Verhältnisse bei der oberen und unteren Extremität sind ja nicht die gleichen. Der Beckengürtel ist unbeweglich, der Schultergürtel beweglich. Während bei der unteren Extremität die Drehung nur im Hüftgelenke

stattfinden kann, ist bei der oberen die Möglichkeit gegeben, dass einer Drehung im Schultergelenke auch noch eine Drehung des Schultergürtels folgen kann, oder dass das Schultergelenk sich vielleicht bei der Drehung gar nicht betheiligt, so dass eine Lageveränderung der oberen Extremität überhaupt nur durch eine Drehung des Schultergürtels zu Stande kommt. Hiefür müssen Beweise erbracht werden.

So viel geht hervor, dass bei der unteren Extremität sich eine Torsion der Gelenkskapsel und des Lig. teres im Sinne der Einwärtsdrehung und bei der oberen Extremität entweder eine Torsion der Schultergelenkskapsel im Sinne der Auswärtsdrehung und eine Retroflexion oder eine Drehung des Schultergürtels oder beides zugleich sich nachweisen lassen muss.

Weiters müssen die gesammten Nerven, die früher in geordneter Weise einer hinter dem anderen zur Extremität zogen, sowohl bei der oberen als bei der unteren Extremität sich torquirt (und zwar im entgegengesetzten Sinne) erweisen. (Von den Muskeln und Gefässen, die vom Stamme zu den Extremitäten gehen, sehe ich einstweilen ganz ab.)

Eine weitere Untersuchung der embryonalen Lageveränderungen der Extremitäten ergibt, dass bei den vierfüssigen Säugethieren weitere nicht mehr eintreten, und dementsprechend finden wir bei diesen im fertigen Zustande dieselbe Stellung der Extremitäten, welche im embryonalen Leben erlangt wurde. Anders aber müssen die Verhältnisse liegen, bei den auf den hinteren Extremitäten sich stützenden oder einherschreitenden Menschen.

Wenn das Kind geboren, liegen dieselben Verhältnisse vor, die bis nun im embryonalen Zustande angetroffen wurden. Erst wenn das Kind sich aufzurichten, zu gehen anfängt, erfolgt eine weitere Veränderung namentlich an der unteren Extremität, die stärker einwärts rotirt und aus der Beugelage in die extreme Strecklage sich begibt, dementsprechend die vordere Kapselwand des Hüftgelenkes zur weiteren Spannung und zu einer extremen Torsion kommen muss.

Die Folge des aufrechten Ganges ist, dass beim Menschen im Vergleiche zur hinteren Extremität der Säugethiere eine Stellungsveränderung auftritt. Letztere stützen sich auf einer im Hüftgelenke mässig adducirten, einwärts rotirten und gebeugten Extremität, während der Mensch auf einer im Hüftgelenke mässig adducirten, einwärts rotirten und extrem gestreckten Extremität sich stützt und geht; durch eine Beugung des Hüftgelenkes des Menschen wird genau dieselbe Stellung der unteren Extremität erzielt, wie sie dauernd den Vierfüsslern zukommt. Umgekehrt sollen die Letzteren nur auf den hinteren Extremitäten einherschreiten, so muss bei denselben eine weitere Lageveränderung durch Streckung im Hüftgelenke eintreten.

Anlangend die Beziehungen der oberen Extremität, so ist in der Stellung der oberen Extremität nach der Geburt im Verhalten zum embryonalen Zustande nichts Besonderes hervorzuheben, als dass die Neigung nach abwärts bei Aufrichtung des Stammes stärker wird, so dass der Oberarm parallel zum Stamme steht, die früher erwähnten Winkel sich 0° nähern. Diese weitere Neigung der Extremität nach der Geburt muss durch eine Retroflexion im Schultergelenke oder Drehung des Schultergürtels oder durch beides zugleich erfolgen, in ähnlicher Weise, wie der Vorgang während des embryonalen Lebens stattfand.

Die aufrechte Stellung des Menschen hat also in Beziehung zur embryonalen Lage der Extremitäten eine nach der Geburt auftretende Lageveränderung im Gefolge, die sich darin kundgibt, dass im Hüftgelenke eine weitere Einwärtsrotirung und extreme Streckung auftritt, während die obere Extremität sich einfach stärker neigt, so dass der Oberarm parallel zum Stamme zu liegen kommt.

Aus all dem Angeführten geht hervor, dass die Extremitäten beim Menschen sehr wichtige Stellungsveränderungen durchgemacht haben, die obere Extremität in anderer Weise als die untere, und dass es daher nicht gestattet ist, beim Menschen die Extremitäten in der Weise wie sie sich bei dessen aufrechter Stellung darbieten, zum gegenseitigen Vergleiche heranzuziehen.

Eine fehlerlose Homologisirung der Extremitäten beim Menschen lässt sich nur dadurch ausführen, dass man beiden

Extremitäten jene Stellung zu geben sucht, die sie während des embryonalen Lebens hatten, wo anfänglich die eine so lagerte wie die andere. Die während des embryonalen Lebens und zum Theil nach der Geburt aufgetretenen Lageveränderungen müssen also rückläufig gemacht werden.

Die bei Embryonen klar zu Tage tretenden und leicht zu beobachtenden Lageveränderungen der Extremitäten müssen natürlicherweise, wie ja auch schon grösstentheils erläutert wurde, Lageveränderungen der inneren Theile im Gefolge haben, welche nachzuweisen sein müssen. Bei Besprechung dieser Sache sollen nur die Verhältnisse beim Menschen berücksichtigt werden, denn für die Vierfüssler lassen sich die Verhältnisse leicht ableiten.

Während bei der unteren Extremität wegen der Feststehung des Beckengürtels einfachere Verhältnisse vorliegen, und ihre Lageveränderung durch eine Adduction, eine Rotation nach einwärts und Streckung im Hüftgelenke erfolgte, ist bei der oberen Extremität noch zu erörtern, ob die Lageveränderung, die (wenn wir, wie bei der unteren Extremität jene Stellung als Ausgangspunkt wählen, wo sie, wie eine Flosse lateral vom Stamme wegsteht) sich darin kundgibt, dass sie mit der ventralen Fläche, die bei der Flossenstellung senkrecht auf die Medianebene stand, zu dieser sich parallel stellt (adducirt), dann distalwärts rotirt und sich soweit distal neigt, dass der Oberarm parallel zur Längsachse des Stammes steht, mittelst des Schultergelenkes oder des Schultergürtels oder mittelst beider erfolgte.

Dass die erwähnten Stellungsveränderungen der unteren Extremität im Hüftgelenke einzig und allein vor sich gingen, lässt sich durch die Verhältnisse des Gelenkes und seiner Kapsel, wie sie beim Erwachsenen (im aufrechten Stande) angetroffen werden, äusserst leicht nachweisen. Das Hüftgelenk ist in dieser Stellung extrem gestreckt, einwärts rotirt und mässig adducirt und entsprechend diesen Verhältnissen sind alle Kapselfasern um den Schenkelhals geschlungen, torquirt und gespannt, ebenso ist das Lig. teres torquirt. Durch eine Beugung, mässige Adduction und Auswärtsrotirung aber wird die Spannung und Torsion der Kapselbänder und des Lig. teres aufgehoben, alle

Kapselfasern sind gleichmässig erschlafft, das Gelenk befindet sich in der Mittellage und der Oberschenkel und durch ihn die ganze untere Extremität hat dieselbe Lage, welche sie im Embryo hatte.

Die embryonale und postembryonale Lageveränderung erfolgte im Hüftgelenke und sie macht sich im Erwachsenen durch die Spannung und Torsion der Hüftgelenkskapsel und Torsion des Lig. teres offenbar.

Anlangend die Verhältnisse der oberen Extremität, so wird zunächst die Untersuchung des Schultergelenkes vorzunehmen sein, um zu erweisen, ob die Lageveränderung im Schultergelenke, oder nur theilweise in diesem oder gar nicht erfolgte. Die obere Extremität wurde adducirt, auswärts rotirt und retroflectirt, um jene Stellung zu erreichen, wie sie dem Erwachsenen bei aufrechtem Stande zukommt, was früher erörtert wurde.

Sind diese Bewegungen im Schultergelenke vor sich gegangen, so muss die Gelenkskapsel ebenso Veränderungen zeigen, wie wir sie in entsprechender Weise beim Hüftgelenke gefunden haben. Die Kapsel muss gespannt und torquirt sein.

Untersucht man diese Verhältnisse in einem Schultergelenke des Erwachsenen bei herabhängendem Oberarm (aufrechte Stellung), so zeigt sich, dass die Kapselfasern nur an der oberen Wand straff gespannt, aber nicht torquirt sind. Die übrigen Fasern sind erschlafft. Versucht man eine Anteflexion oder Retroflexion oder Rotationen (ein- oder auswärts) oder eine äusserst starke Abduction auszuführen, so kommt es gleich zu einer Torsion der Kapselfasern. Wäre die distale Rotirung der oberen Extremität im Embryo durch eine Auswärtsdrehung im Schultergelenke erfolgt, so müsste die Kapsel sich torquirt erweisen und ihre Torquirung müsste durch eine Einwärtsdrehung aufgehoben werden. So aber sieht man, dass diese Rotirung distalwärts nicht im Schultergelenke vor sich gegangen sein konnte, denn von einer Torsion ist nichts wahrzunehmen; ja führt man die verlangte Einwärtsdrehung aus, so kommt es gleich zu einer Torsion der Kapselfasern.

Die einzigen gespannten Theile der Kapsel sind an der oberen Wand zu finden und die Spannung dieser wird durch eine leichte Abduction aufgehoben. Durch diese Abduction kommt

aber das Gelenk in die Mittellage, wo alle Kapselfasern gleichmässig erschlafft sind. Durch diese Abduction, einer rückläufigen Bewegung, der Adduction, die im Schultergelenke des Embryo vor sich ging, entsprechend, wird die ursprüngliche Stellung des Gelenkes hergestellt, das Gelenk kommt in die Mittellage, in der es angelegt wurde, und diesbezüglich sind dieselben Verhältnisse wie im Hüftgelenke hergestellt.

Die Rückwärtsbiegung (Neigung), wie auch die Rotirung distalwärts geschah daher nicht im Schultergelenke, sondern musste durch Drehung des beweglichen Schultergürtels erfolgen. Auch dies kann erwiesen werden. Dreht man das Schulterblatt (eines Erwachsenen, aufrechter Stand, oder an einem Präparate) in der Weise, dass der mediale Rand desselben vom Stamme abgehoben, der Angulus gleichfalls abgehoben und gehoben und lateralwärts gebracht wird, so erzielt man eine gleiche Stellung der Extremität, wie sie der Embryo vor der Rotirung distalwärts zeigte, d. h. die Streckseite der Extremität ist lateral gerichtet. Radius innen, Ulna aussen. Diese Stellungsveränderung der Scapula aber hat zur Folge, dass auch die Clavicula sich etwas anders stellt, derart, dass alle Kapselfasern des Sternoclaviculargelenkes und der Syndesmosis acromis-clavicularis gleichmässig erschlafft sind, und dass das früher stark torquirte Ligamentum coraco-claviculare vollends detorquirt ist.

Diese Verhältnisse lehren, dass die Stellungsveränderung der oberen Extremität durch eine Adduction im Schultergelenke, hauptsächlich aber durch eine Stellungsveränderung des Schultergürtels erfolgte.

Hieraus geht hervor, dass die Stellungsveränderungen der Extremitäten nicht, wie Hatschek angibt, durch entgegengesetzte Rotationen im Schulter- und Hüftgelenke erfolgten. Für die untere Extremität ist die Angabe richtig, die Vorgänge spielen sich wirklich im Hüftgelenke ab, während bei der oberen Extremität mittelst des Schultergürtels[1] die wesentliche Stellungsveränderung erzeugt wurde.

---

[1] Es kann der Vermuthung Raum gegeben werden, dass die Stellungsveränderung des Schultergürtels mit der Entwickelung des Brustkorbes im Zusammenhange ist. Der Rumpf menschlicher Embryonen ist seitlich

Dass an der Stellungsveränderung der Extremität vorzugsweise der Schultergürtel betheiligt ist, lehren in klarster Weise die Verhältnisse der Nervenbündel der oberen Extremität. Das ganze Bündel der Nerven zeigt deutlich eine Torsion, selbst die davon abgehenden Stämme.

Macht man am Schultergürtel die Stellungsveränderung, die er eingegangen, rückläufig, so schwindet die Torsion der Nervenbündel wie die der abgehenden Nerven.

Man kann dies am besten zur Anschauung bringen, wenn man die Gefässe und Nerven von hinten präparirt. Man dreht an einer Seite, nachdem die Muskeln, die an der hinteren Seite des Stammes zur Scapula in Beziehung treten, durchschnitten worden, die Scapula derart, dass die Fossa axillaris, infra- und supraclavicularis von hinten zugänglich werden. Die Scapula, mit ihr der ganze Schultergürtel und die Extremität, werden aber dadurch in der Weise gedreht, dass nun embryonale Stellungen vorliegen; die Drehung erfolgte im rückläufigen Sinne, wie sie beim Embryo vor sich gegangen.

Bei der Präparation von hinten zeigt sich nun, wie die Abbildung[1] (siehe die Tafel) lehrt, dass alle Nerven, die den Plexus

---

comprimirt, so dass statt einer Rückenfläche eine Rückenkante auftritt, wesswegen der Embryo nur auf der Seite liegen kann; Verhältnisse der Rumpfform, wie sie dauernd bei Säugethieren angetroffen werden. Erst im Laufe der weiteren Entwickelung kommt es zur Bildung einer Rückenfläche, wahrscheinlich dadurch, dass die stark wachsenden Organe, als Leber, Herz, Lungen, Thymus die Seitenwände des Brustkorbes lateralwärts ausbauchen. (Unsere Rückenfläche war ehemals seitliche Wand des Rumpfes). Indem die Scapula ursprünglich auf der Seitenfläche des Thorax aufliegt, kommt sie durch die Umformung, die der Thorax erleidet, auf die gebildete Rückenfläche zu liegen, und darin ist, wenn nicht die ganze Ursache, so doch ein Theil der Stellungsveränderung des Schultergürtels und mit ihm die der Extremität zu suchen.

[1] Um die Gegend für die Präparation recht zugänglich und die Abbildung deutlich zu machen, wurde eine leichte Überdrehung des Schultergürtels vorgenommen, wodurch es kommt, dass der N. ulnaris in der Nähe des Olecranus den Medianus kreuzt; die ganz richtige Stellung wäre die, dass der N. ulnaris längs des unteren Randes des N. medianus weiter zieht. Würde die leichte Überdrehung aufgehoben, so wären vollkommen natürliche Verhältnisse vorhanden. Ebenso kam es durch die Überdrehung zu einer zu hohen Lage der Nerven für den M. serrat. antic. major, teres major und latissim. dorsi.

axillaris aufbauen und von ihm weggehen, nicht in torquirter Weise, sondern in Reihen hintereinander verlaufen, so dass die radiale Seite der fast in embryonale Stellung gebrachten Extremität von den proximalen Nerven, die ulnare Seite von distalen Nerven versorgt werden, was auch sein muss, da die Extremität einer Anzahl hintereinander liegenden Rumpfsegmente angehört. Die Nerven zeigen uns welchen und wie viele.

Die Abbildung zeigt die Nerven der oberen Extremität in der natürlichen Reihenfolge: N. supraspinatus, subscapularis, axillaris, radialis, cutaneus externus, medianus, ulnaris, cutaneus medius, cutaneus internus (costo-humeralis vom 2. Brustnerven). Kein Nerve, weder der Axillaris noch der Radialis zeigen eine Torsion, beziehentlich Spirale, und wir finden, dass die einzelnen Nerven entsprechend ihrem Verbreitungsgebiete von den entsprechenden Cervicalnerven und 1. Brustnerven ihre Fasern beziehen. Betrachtet man nun die Hauptstämme, so gewahrt man, dass der proximal gelegene Nervus axillaris seine Fasern hauptsächlich vom 5., theilweise vom 6. Cervicalis bezieht; der Radialis zum Theil vom 5., hauptsächlich vom 6. und 7. Cerv., erklärlich, weil der Radialis in der Peripherie nicht nur die Radialseite, sondern distal davon gelegene Gebiete zu versorgen hat. Der N. cutaneus externus, als Nerve für die radiale Seite der Extremität, muss von den proximalen Bündeln stammen, was er auch thut, indem er vom 5. und 6. stammt. Der N. medianus muss von allen Hauptstämmen, bis zum 5. Cerv. hinauf und zum 1. Brustnerven hinunter seine Fasern sammeln, da er in der Hand sich von der Radialseite des Daumens bis gegen die Ulnargegend verzweigt. Der die Ulnarseite beherrschende N. ulnaris bezieht seine Bündel vom 8. Cerv. und 1. Brustnerven. Der Cutaneus medius, der die ulnare Seite der Haut fast an der Grenze zu versorgen hat, bezieht seine Fasern hauptsächlich vom 1. Brustnerven. Die Abbildung zeigt, wie der N. cutaneus medius in der Nähe des Ellbogengelenkes in zwei Stämme zerfällt, in einen mehr radial und in einen mehr ulnar gelegenen Antheil. Der radiale Antheil entspricht einer mehr proximal gelegenen Wurzel, der ulnare einer distal gelegenen. Die ulnare Grenzgegend der Extremität (Haut des Oberarmes)

versorgt der laterale Zweig der 2. Intercostalnerven (N. costo-humeralis). Ihm reihen sich an die seitlichen Zweige der 3. und 4. Intercostalnerven, die an die am Stamme gelegene, an die Extremität angrenzende Haut, herantreten.

Jeder Cervicalis- resp. Spinalnerve hat in der Peripherie sein bestimmtes Verbreitungsgebiet; d. h. wenn z. B. der Medianus Fasern enthält, die die radiale Gegend der Hand versorgen, so müssen sie vom 5. Cervicalis abstammen u. s. w.

Durch Auffaserung der Nervenstämme der oberen Extremität muss sich zeigen, dass sie nichts anderes sind, als die auf dem Wege vom Centrum zur Peripherie in verschiedener Weise zusammengehaltene Zweige der Spinalnerven. Es ist gleichgiltig, ob die Telegraphendrähte der centralen Station *A* zur peripheren Station *B* alle zusammengefasst in einem Strange oder in mehreren ziehen, die Hauptsache ist, dass jeder Draht von seiner Ausgangsstelle zu der ihm bestimmten Stelle der Peripherie hinkommt. Aus diesen Verhältnissen erklären sich auch die Anastomosen der Nerven, die so verschieden auftreten. Wenn wir z. B. sehen, dass der N. medianus mit dem N. cutaneus extern. zusammenhängt, von ihm Nerven zugesellt erhält, so heisst dies nichts anderes, als dass die zutretenden Nerven längs der Bahn des Medianus ihr Verbreitungsgebiet aufsuchen. Die Art und Weise des Verlaufes der Nerven an der oberen Extremität, ihre Anastomosenbildungen, haben nur eine praktische Beziehung und es sind diese Verhältnisse für das wesentliche Verhalten und Verständniss der gesammten Nervenbahnen der oberen Extremität ohne jegliche Bedeutung. Die Hauptsache ist und bleibt das Verhalten der Nerven zum Centrum und zur Peripherie; welchen Weg z. B. der 6. Cervicalis macht, ob er in der Bahn des Radialis oder Medianus oder Ulnaris zieht, ist vollkommen gleichgiltig; zu seinem bestimmten, gesetzmässigen Endgebiete wird er gewiss kommen. Über die Art der Vertheilung der Hautnerven der oberen Extremität äussert sich in sehr treffender Weise Schwalbe,[1] dessen Angaben früher bei einem Citat Hertwig's angeführt wurden.

---

[1] Lehrbuch der Neurologie, Erlangen 1881, S. 938.

Im Anschlusse daran sei erwähnt, dass ich vor Kurzem einen Fall gesehen, wo der 2. Brustnerv vollständig verbunden mit dem 1. seinen Weg nahm, aber dann zu jener Peripheriestelle ging, zu der er vom Haus aus gehörte.

In diesem Falle bestand der „sogenannte" Plexus axillaris aus dem 5., 6., 7., 8. Cervicalis und 1. und 2. Brustnerven. Dieses Einbeziehen des 2. Brustnerven in den Plexus scheint nur dafür zu sprechen, dass die obere Extremität eine Wanderung nach distalwärts antreten kann; denn wenn eine Wanderung in dieser Richtung eintritt, so ist es nothwendig, dass distaler gelegene Nerven in die Bahn der Extremität einbezogen werden. Ich verweise in dieser Hinsicht auf die von Fürbringer[1] mitgetheilten, mit der Wanderung der Extremität eintretenden metamerischen Umbildungen des sie versorgenden Plexus brachialis.

Bezüglich der Nerven an der unteren Extremität kann ich mich kurz fassen, da wegen des Ausfalles der Drehung des Beckengürtels die Verhältnisse einfacher liegen. Da die untere Extremität im Hüftgelenke beim Embryo einwärts gedreht wurde, so werden sich die entsprechenden Drehungen der Nerven unterhalb des Beckengürtels vorfinden. Es mag nur so viel erwähnt werden, dass der N. obturatorius, der an der tibialen Seite verläuft, entsprechend von den oberen proximalen Nerven vom Plexus cruralis seine Hauptzahl der Fasern erhält; ebenso der die Spirale uns zeigende Nervus saphenus major; am deutlichsten ist die erfolgte Drehung am ganzen Gebiete des N. cruralis zu beobachten, wenn man ihn von seinem Ursprunge bis zur peripheren Ausbreitung vollkommen freilegt. Entsprechend der eingetretenen Drehung zeigt auch der Nervus ischiadicus eine leichte Torsion; am Durchschnitte liegt der von den proximalen Wurzeln stammende N. popliteus externus nicht genau lateral von dem aus den distalen Wurzeln stammenden N. popliteus externus, sondern derart, dass der erstere etwas fibulawärts und nach hinten von ihm zu liegen kommt, welche Lage der Einwärtsrotirung entspricht.

---

[1] Untersuchungen zur Morphologie und Systematik der Vögel, zugleich ein Beitrag zur Anatomie der Stützorgane. Biolog. Centralblatt, X. Band, S. 766.

Präparirt man die Nerven der unteren Extremität von ihrem Abgange von den entsprechenden Spinalnerven bis zur Peripherie und macht die im Embryo vor sich gegangene Rotirung rückläufig, so ergeben sich ähnliche Verhältnisse für die Nerven, wie sie bei der oberen Extremität vorgefunden wurden. Die tibiale Seite der Extremität empfängt die proximalen, die fibulare die distalen Stämme; Verhältnisse, auf welche hinsichtlich der Hauptnerven der unteren Extremität ebenfalls Schwalbe[1] schon aufmerksam machte.[2]

Noch ist im Besonderen die Lageveränderung des Vorderarmes mit der Hand und die des Unterschenkels und Fusses einer Erörterung zu unterziehen.

Bei aufrechter Stellung des Erwachsenen, wenn die obere Extremität frei herabhängt, finden sich Vorderarm und Hand in Pronationsstellung, die Vorderarmknochen sind gekreuzt und die Hand folgt dem die Ulna kreuzenden Radius.

Über die Begriffe Pronation und Supination müssen einige Worte erwähnt werden. Die Feststellung dieser Begriffe ist für das Folgende wichtig.

Unter Pronation und Supination versteht man gemeinhin jene Stellung des Vorderarmes (und Hand) wo sich ihre palmaren Seiten gegen die Medianebene zuwenden oder wegwenden; bei der unteren Extremität, wo die innere Seite des Unterschenkels es thut oder die entgegengesetzte Bewegung. Beim Fusse Senkung und Hebung des inneren Fussrandes.

Unter diesen Ausdrücken hat man Bewegungserscheinungen zusammengefasst, die in ganz verschiedener Weise vor sich gehen. Beim Vorderarme erfolgen diese Bewegungen dadurch, dass sich der Radius im Radio-ulnargelenke um die Ulna dreht; beim Unterschenkel, dass sich die Tibia um die Condylen des Femur herum bewegt, während Heben und Senken des inneren Fussrandes im unteren Sprunggelenke erfolgt.

Während bei der Pronation und Supination des Vorderarmes im Ellbogengelenke weder eine Flexion noch eine Extension vor

---

[1] L. c., S. 978.

[2] Ich behandle hier die Nervenverhältnisse in Kürze, weil ich hoffe, in einer andern Arbeit sie eingehend behandeln zu können. Ihre Wichtigkeit erfordert auch eine eingehende Behandlung.

sich geht, so können jene Bewegungen beim Unterschenkel nur mittelst einer Flexion und Extension des Kniegelenkes erzeugt werden. Während bei der oberen Extremität diese Bewegungen unabhängig vom Gelenkkörper des Humerus vor sich gehen, ist bei der unteren Extremität der Condylus int. femoris das bestimmende. Während beim Vorderarm Radius und Ulna einmal in Kreuzungsstellung kommen, das andere Mal nicht, bleiben am Unterschenkel Tibia und Fibula stets in derselben Lage.

Von der ganz anders im Gelenke vor sich gehenden Bewegung des Fusses sehe ich völlig ab.

Es geht hervor, dass man für ähnliche Bewegungserscheinungen des Vorderarmes und des Unterschenkels, die in ganz verschiedener Weise durchgeführt werden, einen gemeinsamen Ausdruck gewählt hat, was nicht gerechtfertigt ist.

Das Wesentliche bei der Pronation und Supination des Vorderarmes ist, dass es bei dieser Bewegung zu einer Kreuzung oder Nicht-Kreuzung des Radius und der Ulna kommt, während bei der unteren Extremität in jeder Lage des Unterschenkels Tibia und Fibula die gleiche Stellung zu einander einnehmen. Wählt man für den Bewegungsvorgang am Vorderarm jene Ausdrücke, so darf man dieselben nicht auch für den Unterschenkel annehmen.

Aus diesem Grunde werden im Folgenden die Ausdrücke Pronation und Supination nur für die Stellung der Vorderarmknochen oder Unterschenkelknochen zu einander angewendet und haben diese einzig und allein dafür ihre Giltigkeit; wie man dieselben auch für die Bewegungsmodi der Unterschenkel oder Fusses beibehält, sind Missverständnisse unvermeidlich.

Noch eines. Unter Supination versteht man nur oder vielmehr kann man nur die rückläufige Bewegung aus der Pronationsstellung am Vorderarme verstehen; die Vorderarmknochen sind dann nicht gekreuzt, sondern parallel.

In den ersten Zuständen der Entwickelung der oberen Extremität z. B. stehen die Vorderarmknochen auch oder wenigstens fast parallel; man hat aber kein Recht, diese Stellung auch mit dem Ausdrucke Supinationsstellung zu bezeichnen, denn in diesem Falle wurden Radius und Ulna in dieser parallelen Lage angelegt, während im früheren Falle die Supinations-

stellung aus der Pronationsstellung hervorgegangen ist. Wir finden auch, dass im Embryo und im Erwachsenen, obwohl die Vorderarmknochen je eine parallele Lage haben, beide doch entgegengesetzt liegen. Aus diesen Gründen wird von nun der Ausdruck Supination nur für jene Stellung angewandt, die durch eine rückläufige Pronationsbewegung erzeugt wurde.

Bei der Pronation also stehen Radius und Ulna gekreuzt, bei der Supination parallel, Radius lateral, Ulna medial; beim Unterschenkel gibt es nur eine Stellung der Tibia und Fibula zu einander, die unveränderlich ist, die Kreuzungsstellung derselben oder ihre Pronation. Am Unterschenkel kann von einer Supination, ähnlich wie am Vorderarme, niemals die Rede sein. Die Supination geht aus der Pronation hervor und kommt nur am Vorderarme zur Erscheinung.

Anlangend die Bildung der Pronationsstellung an dem oberen Extremitätsabschnitte, so hat Kölliker, wie schon oben angegeben wurde, aufmerksam gemacht, dass die Hände schon sehr früh in die Pronationsstellung dadurch kommen, dass die stark heranwachsende Lebergegend den distalen (ulnaren) Rand derselben hebt.

Es ist sicher, wie auch gleich später angeführt werden wird, dass die Entwickelung der Lebergegend einen grossen Einfluss auf die Lagerungen der Theile nicht nur an der oberen, sondern auch an der unteren Extremität hat, es ist jedoch dieser Vorgang nicht allein von Einfluss für die Stellung der Vorderarmknochen beziehentlich der Unterschenkelknochen zu einander.

Henke und Reyher[1] fanden bei 5—6wöchentlichen Embryonen, von 18—20 *mm* längstem Durchmesser die vier Extremitäten als je kaum 4 *mm* lange Körper, parallel zur Medianebene gegen die Bauchseite hin, am Rumpfe hervorragend. Beide Extremitäten besitzen ziemlich gleiche Länge, bis an die Schultern und Hüftgelenksanlagen circa 5 *mm*, von denen 2 *mm* auf Oberarm und Oberschenkel, 1 *mm* auf Vorderarm und Unterschenkel und 2 *mm* auf Hand und Fuss fallen. Ellenbeuge und Knie sind schon durch geringe Abbiegungen vom geraden Winkel,

---

[1] L. c., S. 222.

entsprechend einem Bogen von 120° äusserlich sichtbar angedeutet. In dieser Stellung bieten die Extremitäten jede nach rechts und links hin, d. h. median- und lateralwärts, ihre grössten Flächen dar, so dass sie auf die Medianebene projicirt, in ihr einen Breitedurchmesser von $1^1/_2$ *mm* und auf der Frontalebene einen Dickendurchmesser von nahe 1 *mm* besitzen. Sie sind aber, wenn in Bezug auf Hand und Fuss der Vergleich mit den Extremitäten Erwachsener gestattet sein soll, so gelagert, dass Hand und Fuss ihre Volar- und Plantarflächen einander zukehren und zwar zu einander und zur Medianebene parallel. In welcher Weise sich hiebei Vorderarme und Unterschenkel verhalten, wird später gezeigt werden." „Während also beim Erwachsenen der Gelenkkopf (Eminentia capitata), für die Pfanne des Radiusköpfchens lateralwärts in der Trochlea, gewissermassen in der Verlängerung ihrer Axe liegt, so befindet sich hier der humerale Theil der Radio-humeral-Verbindung vor der Humero-Ulnar-Verbindung, liegt die Eminentia capitata vor der Trochlea und zwar als ein der letzteren zugehöriger Theil, als eine Vorwölbung der letzteren an ihrer Peripherie. Desshalb erhält man auf Schnitten, welche die Axe der Trochlea unterm rechten Winkel treffen, von einem bis zum anderen Condylus stets Bilder mit der Humero-ulnar-Verbindung und nur in einer bestimmten Anzahl solche, in denen zugleich auch die Radio-humeral-Vorbindung sichtbar wird. Dabei liegt der Radius übrigens mit seinem unteren Ende etwas medianwärts. Er ist, mit bekanntem Terminus zu sprechen, pronirt gestellt."

An einer anderen Stelle (l. c. S. 252) wird bemerkt, dass die Ulna im hinteren, der Radius im vorderen Abschnitte den humeralen Gelenkkörper berühren. „Hierin liegt nun eine weitere Ähnlichkeit mit den Ellbogengelenken vieler ausgewachsener Thiere. Wir machen nur auf das Ellbogengelenk des Hundes aufmerksam, mit dessen Construction genau die unseres Gelenkes aus dem Schluss des zweiten Monates übereinstimmt. Bei einigen Affen verhält es sich ebenso." Bei Föten aus dem Ende des dritten Monates ist die Eminentia capitata mit dem Radiuskopf schon an die äussere Seite der Trochlea gerückt."

Aus der Angabe Henke's und Reyher's geht hervor, dass die Knochen des Vorderarmes, bevor sie noch mit der Leber-

gegend in Beziehung treten, schon eine Pronationsstellung aufweisen; wohl ist diese etwas verschieden von der des Erwachsenen, insoferne das Radiusköpfchen bei diesem sich in der Incis. sigmoidea minor einfach dreht, also seinen Platz beibehält, während in dem erwähnten embryonalen Stadium das Köpfchen des Radius vor dem proximalen Ende der Ulna zu stehen kommt.

Die Stellung des Radius zur Ulna in diesem frühen embryonalen Stadium, wie sie Henke und Reyher schildern, kann ich nach dem an einem ziemlich gleichaltrigen monatlichen Embryo gemachten Befunde bestätigen, wie auch, dass das ganze Ellbogengelenk in diesem Stadium mit dem erwachsener Thiere in der Anordnung seiner Theile übereinstimmt. Wie bei diesen, z. B. Hund oder Pferd u. s. w. das Radiusköpfchen vor dem proximalen Ende der Ulna dauernd liegt, und seine Stelle mit der Fossa sigmoidea major der Ulna, eine einzige grosse beiläufig 180° betragende Fossa sigmoidea, die die Trochlea umgreift, darstellt, so findet dasselbe Verhältniss der genannten Knochen zu einander im embryonalen Stadium des Menschen statt.

Ich erlaube mir auf die Abbildung 1, Taf. I, bei Henke und Reyher zu verweisen. Bei den Thieren, z. B. dem Hunde, beträgt der Umfang der Fossa sigmoidea major ulnae beiläufig 120°, während er bei der Ulna des erwachsenen Menschen beiläufig 180° beträgt; die Stelle des Radius bildet bei den Thieren dauernd eine Ergänzung der Fossa sigm. major auf ebenfalls 180°. Beim menschlichen Embryo ist die Fossa sigmoidea major ulnae viel kleiner (beiläufig 100°) als beim Erwachsenen. Henke und Reyher erwähnen, dass die hinteren zwei Drittheile der circa 140° umfassenden Bogenspannung der Trochlea in der Ulna (sc. Fossa sigm. major) berührt werden. Wie nun bei den ausgewachsenen Thieren die Delle des Radius die Fossa sigm. major ulnae dauernd vergrössert, so findet man beim menschlichen Embryo, dass dieser Vorgang auch, aber nur vorübergehend, stattfindet. Die Vergrösserung der Fossa sigmoidea major bis auf 180° beim Menschen geschieht später durch den Processus coronoideus ulnae. An vielen Knochen jugendlicher Erwachsener ist deutlich die Zusammensetzung der Fossa sigmoidea aus einem vorderen Abschnitte, der dem Processus coronoideus

ulnae entspricht, aus einem hinteren Abschnitte, der ursprünglich vorhandenen Fossa sigmoidea major deutlich zu erkennen.

Mit der Entwicklung des Processus coronoideus ulnae, der die Stelle des Radiusköpfchens einzunehmen und die Fossa sigmoidea ulnae dauernd zu vergrössern hat, kommt es zu einer Verschiebung des Radiusköpfchens lateralwärts. Gegen Ende des dritten Monates ist der Processus coronoideus vollständig entwickelt (siehe auch Fig. 35, Taf. IV, bei Henke und Reyher), die Fossa sigmoida major auf beiläufig 180° vergrössert, das Radiusköpfchen lateralwärts geschoben. Es ist aber nicht richtig, oder doch wenigstens nicht genau angegeben, wenn man sagt, dass das Radiusköpfchen lateralwärts von dem distalen Ende der Ulna zu stehen kommt, und beim Erwachsenen so vorgefunden wird, sondern das Radiusköpfchen steht an der lateralen Seite des Processus coronoideus, wie auch beim Erwachsenen die Fossa sigmoidea minor für das Radiusköpfchen lateral am Processus coronoideus angebracht ist. Und hiedurch ist der Beweis erbracht, dass der sich entwickelnde Processus coronoideus es ist, der in innige Beziehung zum Radiusköpfchen tritt, so dass es an seine laterale Seite zu liegen kommt. An dieser Stelle ist auch auf die sehr lehrreichen und interessanten Ausführungen Tornier's[1] hinsichtlich der „Fortbildung und Umbildung des Ellbogengelenkes während der Phylogenesis der einzelnen Säugethiergruppen" zu verweisen.

Es wurde also gezeigt, dass die Knochen des Vorderarmes schon eine Pronationsstellung zeigen, bevor noch auf die Extremität der Einfluss der Leberentwickelung sich geltend macht.

Bei einem 4 *cm* langen, beiläufig zwei Monate alten menschlichen Embryo finde ich den im Ellbogengelenke gebeugten Vorderarm der vorderen Rumpfwand unmittelbar anliegen. Genauer gesagt, ist durch die mächtige Entwickelung der Leber die ganze Bauchgegend kugelförmig gestaltet und auf der proximalen Fläche dieser Kugel ruhen Vorderarm und Hand mit ihren volaren Flächen auf. Es ist deutlich wahrzunehmen, dass ein noch stärkerer Wachsthum der Leber den ulnaren Rand der

[1] Morph. Jahrb. 12. Bd., S. 407.

Hand heben muss, indem dieser gerade auf dem Übergange der proximalen Seite in die vordere (untere, Embryo auf Vieren gedacht) Seite der kugeligen Lebergegend aufruht. Man muss der Ansicht Kölliker's, dass die stark heranwachsende Lebergegend den ulnaren Rand der Hand hebt und sich so in die Pronationsstellung bringt, vollkommen beipflichten.

Die Pronationsstellung der Hand entwickelt sich beiläufig zu gleicher Zeit, allwann die Bildung des Processus coronoideus vor sich geht, und hat er das Radiusköpfchen an seine laterale Seite verschoben, so ist auch die Hand mittlerweile in Pronationsstellung gebracht. Während der Processus coronideus ulnae das Radiusköpfchen lateral von ihm drängt, wird das distale Ende des Radius, verbunden mit der sich nach einwärts drehenden Hand, in eine schiefe Lage zur Ulna, beziehungsweise zur Vorderarmaxe gebracht; die Pronationsstellung des Vorderarmknochens und Hand ist gebildet.

Durch die Drehung der Hand, beziehentlich der Hebung des ulnaren Randes muss es zu einer Torsion des Lig. subcruentum und Stylo-carpi ulnare kommen, und in der That, wenn man diese Bänder an Erwachsenen in der Pronationsstellung untersucht, gewahrt man ihre Torsion, welche durch eine rückläufige Bewegung der Hand, wie sie im Embryo erfolgte, oder durch eine Supination aufgehoben werden kann.

Bezüglich der Knochen des Unterschenkels wurde schon früher mehrmals angegeben, dass dieselben im Erwachsenen keine parallele, sondern eine Kreuzungsstellung zeigen, und verglichen mit sehr frühen embryonalen Stadien, zeigt sich, dass dieselben eine Lageveränderung eingegangen sind. Ebenso sind Verschiedenheiten in der Stellung des Fusses nachzuweisen Die Kreuzungsstellung der Unterschenkelknochen ist bei manchen Thieren, z. B. Dasypus, Phasolarctus, Erinaceus, Lepus u. s. w. eine viel bedeutendere als beim Menschen.

Die Kreuzungsstellung der Knochen des Unterschenkels wird in ähnlicher Weise wie die der Vorderarmknochen, durch Wachsthumsverhältnisse zu Stande gebracht. Während aber an der oberen Extremität der sich entwickelnde Processus coronoideus nlnae das proximale Ende des Radius lateral drängt, schiebt das sich mächtig entfaltende proximale Ende der Tibia, dasselbe

Ende der Fibula lateralwärts und hinten, dasselbe von seiner Verbindung mit dem äusseren Condyl des Femur bringend.

Bernays[1] schildert an einem 2·0*cm* langen menschlichen Embryo, dass an der Bildung des Knies Fibula und Tibia betheiligt sind. Die Fibula reicht mit ihrem Köpfchen bis nahe zum Condyl. lat. und Tibia und Fibula stehen in fast gleicher Höhe. An einem 3*cm* langen Embryo beobachtete Bernays, dass die Tibia sich in dem Raume zwischen Femur und Capitulum fibulae einzuschieben beginnt und letzteres somit aus seinen früheren Verhältnissen zu verdrängen anfängt. An einem 3·5*cm* langen Embryo zeigt die untere Fläche des Condyl. lat. tibiae eine Einbuchtung, welcher das Köpfchen der Fibula genähert erscheint, worauf dann bei 10 und 12*cm* langen Embryonen „die ersten Spuren einer Gelenkhöhle zwischen Fibula und Tibia in Form eines spaltförmigen Hohlraumes auftreten, welcher mit der distalen Gelenkhöhle zwischen Tibia und Meniscus communicirt. Diese Thatsache ist von Bedeutung, weil sich in ihr die Spur eines primitiveren Zustandes erkennen lässt, in welchem auch die Fibula mit dem Femur articulirte. Eine solche gegen den Femur gerichtete Articulation kann aber hier für die Fibula nicht mehr bestehen, da sie bereits lange vor jeder Gelenkdifferenzirung durch die Tibia vom Femur abgedrängt wurde.“ Die Abdrängung der Fibula durch die Tibia vom Femur erwähnt auch Gegenbaur, bedingt durch die voluminösere Entfaltung der Tibia, indem die Fibula zurückbleibt.[2]

Aus den Abbildungen von Bernays, Fig. 8, 9 und 10, Durchschnitte durch die Kniegegenden von 3*cm* und 4·5*cm* langen menschlichen Embryonen, ist ganz deutlich zu ersehen, wie das sich mächtig entfaltende proximale Ende der Tibia, die Fibula nicht nur von der Verbindung mit dem Femur ausschliesst, sondern wie das Köpfchen der Fibula auch nach hinten gedrängt wird, so dass dasselbe nicht mehr seitlich vom Tibiaknorren, sondern fast ganz nach hinten von ihm zu liegen kommt; hiedurch

---

[1] Die Entwickelungsgeschichte des Kniegelenkes des Menschen mit Bemerkungen über die Gelenke im Allgemeinen. Morph. Jahrb., 4. Band, Leipzig 1878, S. 408.

[2] Lehrbuch der Anatomie des Menschen. Leipzig 1890, 4. Aufl., S. 300.

aber werden die Unterschenkelknochen aus ihrer früheren parallelen Lage in die Kreuzungsstellung, Pronationslage gebracht, welche sie nun dauernd einnehmen müssen.

In verschiedenster Weise angestellte Untersuchungen führten mich behufs Erklärung der Lageveränderung der Unterschenkelknochen zu keinem Erfolge (Gelegenheit Unterschenkel an Embryonen mittelst Schnitten zu untersuchen, hatte ich nicht), so dass mir die Abbildungen Bernays', die er über die Entwickelung der Kniegegend an menschlichen Embryonen gibt, sehr willkommen waren, indem aus ihnen, wie ich glaube, deutlich zu ersehen ist, dass die Lageveränderung der Tibia und Fibula zu einander durch die mächtige Entfaltung des proximalen Theiles der Tibia bedingt ist.

Ob auch das Verhalten der beiden Malleoli, welches ein anderes im Fötalzustande als im Erwachsenen ist, auf die Stellung der Unterschenkelknochen zu einander Einfluss nimmt, konnte ich nicht ermitteln. Bekanntlich hat Gegenbaur[1] zuerst aufmerksam gemacht, dass der Malleolus tibialis ursprünglich viel bedeutender als jener der Fibula ist, den er überragt. „Im fünften Monate ist das noch deutlich zu erkennen. Die bezügliche Talusfläche ist diesem Verhalten angepasst. Im siebenten Monate sind beide Malleoli in gleicher Höhe; von da an beginnt der fibulare Malleolus das Übergewicht zu gewinnen, indem er bedeutender distal sich entfaltet. Auch darin steht wieder die bezügliche Veränderung des Talus im Zusammenhang.“

Es wurde früher angegeben, dass vielleicht auch die Leberentwickelung an einer Verschiebung der Tibia Schuld trägt, indem sie auf einem stärker sich wölbenden Lebergegendabschnitte aufliegt als die Fibula; es ist aber sehr schwer, sich diesfalls bestimmt aussprechen zu können.

Dass der Unterschenkel von der Leberentwickelung in seiner Form beeinflusst wird, ist an entsprechenden Embryonen leicht nachzuweisen. Der ganze Unterschenkel, indem er sich der gewölbten Lebergegend anschmiegt, scheint säbelförmig gekrümmt zu sein, was makroskopisch deutlich sichtbar ist. Bernays

---

[1] Über die Malleoli des Unterschenkelknochens. Morph. Jahrb., XII. Band, S. 306.

erwähnt auch, dass an einem 3 *cm* langen menschlichen Embryo das Mittelstück der Tibia und Fibula eine fast halbkreisförmige Krümmung zeigen, so dass die Fussspitze beinahe an das obere Ende der Femur stösst. Eine solche Krümmung der Tibia scheint nicht constant zu sein. Es kommen derartige ganz unregelmässige Krümmungen an fast sämmtlichen längeren Skelettheilen bei sehr jungen Embryonen häufig zur Beobachtung. (Siehe auch Henke und Reyher.[1] Seite 15.) Inwieferne solche Zustände vielleicht theilweise innerhalb des Breitegrades normaler Entwickelung liegen, muss auch ich unentschieden lassen." Möglich ist, sagt Bernays, dass sich darin Anpassungszustände des Embryo, resp. die Stellung seiner Gliedmassen an die Enge der Amnionshöhle ausdrücken. Man kann sich dieser letzteren Erklärungsweise Bernays' anschliessen, wenn man noch hinzufügt, dass die Enge der Amnionshöhle bedingt, dass die Extremitätsknochen an die convexe Lebergegend angepresst werden und hiedurch die Krümmungen erhalten müssen. Wahrscheinlich werden diese Krümmungen nie mehr ganz ausgeglichen und so kommt es, dass auch beim Erwachsenen die Röhrenknochen der Extremitäten die bekannten Schweifungen zeigen. Die stärkste Krümmung, fast Knickungen zeigen die Vorderarm-, besonders die Unterschenkelknochen oberhalb der distalen Enden, also dort, wo die rhachitischen Verkrümmungen auftreten. (Wahrscheinlich dürfte auch die Höhlung der Hand und des Fusses von ihrem Aufliegen auf der gewölbten Lebergegend herrühren; nebenbei erwähnt, ist die Ursache der Bildung des Scrobiculum cordis in dem Drucke des Kinnes auf diese Gegend während des embryonalen Lebens zu suchen.)

Einen bedeutenden Einfluss hat die Leberentwickelung auf die Stellung des Fusses. Während die Verschiebung der Unterschenkelknochen schon zu einer Zeit anhebt, allwann die Extremität wegstehend vom Rumpfe die palmare Seite medianwärts kehrt, bildet sich die Stellungsveränderung des Fusses zur Zeit aus, wo die Extremität dem Rumpfe unmittelbar anliegt. Die palmare Seite des Unterschenkels und Fusses liegen an einem beiläufig vierwöchentlichen menschlichen Embryo innig ange-

[1] Sitzungsberichte der Wiener Akad. der Wissenschaften, Band LXX.

presst an die kugelförmig gestaltete Bauchgegend. In ähnlicher Weise wie Vorderarm und Hand mit ihren palmaren Flächen auf der proximalen Seite der durch die Leberform bedingten kugeligen Bauchgegend liegen, liegen Unterschenkel und Fuss mit ihren volaren Seiten auf der distalen Seite dieser Kugel; und wieder in ähnlicher Weise wie die sich entwickelnde Leber den vorher distal schauenden ulnaren Rand der Hand hebt, drängt sie den proximal schauenden Grosszehenrand des Fusses ab, so dass dieser Rand nicht mehr rein proximalwärts, sondern auch nach vorne schaut. Besser gesagt, es wird nicht nur der Rand abgedrängt, sondern der ganze Fuss um seine Längsachse gedreht, so dass derselbe in Supinationsstellung kommt. Diese Supinationsstellung des Fusses ist bei Neugebornen noch vorhanden.

In ähnlicher Weise wie der sich drehenden Hand das distale Ende des Radius medianwärts folgte, so scheint ein ganz geringes, das distale Ende der Tibia dem sich drehenden Fusse nach vorne zu folgen. Von dieser hier eintretenden geringen Verschiebung der Unterschenkelknochen kann füglich abgesehen werden, indem die Schieflage der Fibula und Tibia keine so bedeutende ist, wie im Verhältnisse die Ulna zum Radius, und die Schieflage beim Erwachsenen hauptsächlich auch dadurch zum Ausdrucke kommt, dass das proximale Ende der Fibula hinten und seitlich von dem der Tibia steht.

Henke und Reyher[1] geben an, dass bei fünf- und sechswöchentlichen menschlichen Embryonen sich zwischen die Unterschenkelknochen ein Fortsatz des Talus hinaufschiebt, welcher einige Ähnlichkeit mit dem bei Phalangista ursina in dieser Gegend vorkommenden Zwischenknorpel hat. Ob dieser Theil des Talus bei der Lageveränderung des Fusses Einfluss hat auf die Stellung der distalen Ende der Unterschenkelknochen, muss ich dahin gestellt sein lassen. Der Vollständigkeit halber erlaube ich mir folgende Angabe von Henke und Reyher[2] anzuführen: „Die keilförmige Verlängerung, mit welcher der Talus sich bei unseren Embryonen zwischen die Enden der beiden Unterschenkelknochen hinauf erstreckt, entspräche ganz dem an der-

---

[1] L. c., S. 232.

[2] L. c., S. 267.

selben Stelle liegenden Meniscus, welcher bei dem Beutelthiere gemeinsam mit dem Talus in einer Drehung um die senkrechte Achse der Tibia nach Art der Pro- und Supination, woran sich die Fibula betheiliget, beweglich ist, während er bei der Flexionsbewegung des Sprunggelenkes mit dem Unterschenkel unbeweglich verbunden bleibt.“

Aus all dem geht hervor, dass während des embryonalen Lebens an der oberen Extremität eine Pronationsstellung des Vorderarmes und der Hand sich entwickelt, während an der unteren Extremität eine bleibende Pronationsstellung der Unterschenkelknochen und eine Supination des Fusses zu Stande gebracht wird.

Diese Stellungen findet man noch beim Neugebornen vor und es ist ja bekannt, wie bei diesem die untere Extremität auch immer eine eigenthümliche Lage besitzt, so dass sie, wenn man sie aus ihrer natürlichen (embryonalen) Lage bringt, sie immer Neigung hat, in dieselbe zurückzukehren.

Nach der Geburt treten die postembryonalen Veränderungen auf, die, wenn das Kind zum Gebrauche seiner Extremitäten gelangt, sich darin kundgeben, dass bei der oberen Extremität sich durch Gebrauch und Anpassung die Supinationsstellung des Vorderarmes und der Hand entwickelt, welche beide in Ruhelage, also immer in die embryonale Lage, in die Pronationsstellung zurückkehren. Wenn das Kind zu gehen anfängt, dann muss nothwendiger Weise eine Drehung des Fusses in der Weise stattfinden, dass die Sohle gegen den Boden gerichtet ist, welche Drehung im unteren Sprunggelenke vor sich geht, als eine Pronation des Fusses erscheint, welche der im Embryo gebildeten Supinationsstellung entgegengesetzt ist. Während bei der oberen Extremität der Vorderarm aus der Pronationslage in die Supination gebracht werden kann, bleibt der Unterschenkel als Ganzes in derselben Lage, und kann nur als Ganzes durch Drehungen des Knie- oder Hüftgelenkes die rotatorischen Lageveränderungen erleiden.

Die Drehungen des Vorderarmes und der Hand sind etwas ganz anderes als die des Unterschenkels und Fusses.

Mit dem Gebrauche der unteren Extremitäten kommt es nothwendiger Weise zu einer Dorsalflexion im oberen Sprung-

gelenke, so dass die Dorsalfläche des Fusses mit der des Unterschenkels einen fast rechten Winkel bildet. An der oberen Extremität braucht diese entsprechende Dorsalflexion im Carpus nicht zu Stande zu kommen, da sie keine Stütze für den Körper abzugeben hat; ist dies aber der Fall, wenn z. B. der Mensch auf allen Vieren sich stützt oder einherschreitet, dann kommt die Dorsalflexion der Hand ebenso zu Stande, wie sie am Fusse aufgetreten.

Fasst man alles Angegebene zusammen, so ergibt sich, dass sowohl die obere als die untere Extremität eine ganze Reihe von Veränderungen sowohl während des embryonalen als postembryonalen Lebens durchmachten, dass die Veränderungen bei beiden nicht in gleicher Weise sich vollziehen, und dass dementsprechend im ausgebildeten Zustande weder die eine noch die andere das Vergleichungsobject abgeben kann. Für eine richtige Homologisirung ist unbedingt nothwendig, dass an beiden Extremitäten all die Stellungsveränderungen, die sie eingingen, im rückläufigen Sinne durchgemacht werden.

Die Stellungsveränderungen berücksichtigend, ergibt sich, dass durch eine Retorsion des Humerus niemals eine richtige natürliche Lage der oberen Extremität erzielt werden kann, ja im Gegentheile es wird eine Stellung hervorgebracht, die während des ganzen Verlaufes der Entwickelung niemals vorhanden war; es ist niemals die Eminentia capitata humeri medialwärts von der Trochlea gestanden.

Mit den Stellungsveränderungen, die die oberen und unteren Extremitäten erfuhren, sind selbstverständlich auch Lageveränderungen der Gefässe, Nerven und Muskeln vor sich gegangen und eine fehlerlose Homologisirung dieser kann nicht ohneweiters in den Zuständen, wie sie sich bei Erwachsenen vorfinden, vorgenommen werden. Die Homologisirung dieser Gebilde muss immer mit Rücksicht auf die eingetretenen Lageveränderungen der Extremitäten als Ganzes und ihrer Theile vorgenommen werden und sie wird am leichtesten vollzogen, wenn recht frühe embryonale Stadien der Extremitäten für die Untersuchung herangezogen werden.

Erklärung der Abbildung.

5, 6, 7, 8, I.; 5. 6. 7. 8. Cervicalnerve und erste Brustnerve.
Th. Nerve für den Musc. serrat. antic. major.
Sp. Nervus supraspinatus.
Sn. subscapularis.
A. N. axillaris.
R. radialis.
Mc. Musculo-cutaneus.
M. Medianus.
U. ulnaris.
Cm. cutan. medius.
Ch. „ intercosto-humeralis.
Pm. Musc. pectoralis minor.
Ss. Musc. subscapularis.
Co. Musc. coracobrachialis; in vorliegendem Falle wird der Muskel vom Nerven nicht durchbohrt.
Bi. Musc. biceps.
Ai. Anconaeus int.
Al. „ long.
L. d. Latissimus dorsi mit seinem Nerven.
T. m. Musc. teres major mit seinem Nerven.

Gleitler stud. med. del.

Lith. Anst. v. Th. Bannwarth, Wien.